

UNIVERSIDAD DE CUENCA



Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Carrera de Economía

“Evaluación Económica, Social y Financiera del Proyecto de Uso Múltiple Soldados-Yanuncay”

Trabajo De Titulación previo a la obtención
del Título de Economista

Modalidad: Proyecto Integrador

AUTORES:

Durán Loja Pablo José

C.I. 010525693-7

Tnizhañay Peralta José Paúl

C.I. 010648453-8

DIRECTOR:

Econ. Aguilar Feijó Victor Gerardo

Ci. 010282600-5

Cuenca – Ecuador

2018

Resumen

La importancia de la implementación de proyectos de energía renovable establece un elemento necesario para desarrollar sostenible y sustentable la economía de un país. Como caso particular se tiene el Proyecto de Uso Múltiple Soldados-Yanuncay; el cual es considerado de uso múltiple, dado que, no solo contempla la producción hidroeléctrica, sino que adicionalmente regulará el caudal del río Yanuncay para la planta de agua potable de Sustag, de propiedad de ETAPA E.P. y paralelamente coadyuva otros beneficios generados por la implementación del proyecto.

En este documento se muestra los resultados de las evaluaciones financiera y económica -social del Proyecto y del análisis de riesgo realizado.

Las evaluaciones: financiera y económico – social del Proyecto, en términos de indicadores de rentabilidad muestran resultados favorables. Dentro del análisis de sensibilidad efectuado, desde el punto de vista de la evaluación financiera, los parámetros más sensibles resultaron ser la tasa de interés y el precio de venta ordinario. Por otra parte, desde el punto de vista de la evaluación económico-social, la variable de mayor sensibilidad resultó ser el precio de importación del diésel.

Del análisis de riesgo financiero realizado al Proyecto se obtuvo como resultando principal, que existe una probabilidad menor a un punto porcentual de obtener indicadores financieros, en términos de VAN y TIR, no rentables para el Proyecto; confirmando los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas.

Los resultados obtenidos en este trabajo comprueban la rentabilidad financiera, económica y social del Proyecto con un mínimo margen de riesgo.

Palabras clave: Energía renovable, viabilidad financiera, viabilidad económica – social y análisis de riesgo.

Abstract

The importance of the implementation of renewable energy projects is a necessary element for the sustainable and sustainable development of a country's economy. As a special case we have the Project of Multiple Use Soldiers-Yanuncay; which is considered to be of multiple use, given that it not only contemplates hydroelectric production, but also regulates the flow of the Yanuncay River for the Substance potable water plant owned by ETAPA E.P. and in parallel it contributes other benefits generated by the implementation of the project.

This document shows the results of the financial and economic-social evaluations of the Project and of the irrigation analysis carried out.

The financial and economic - social evaluations of the Project, in terms of indicators of the gain of favorable results. Within the analysis of financial sensitivity, from the point of view of the financial evaluation, the most sensitive parameters turned out to be the interest rate and the price of the ordinary sale. On the other hand, from the point of view of the economic-social evaluation, the variable of greater sensitivity turned out to be the price of the day's import.

From the analysis of financial risk to the Project, the main result was that there is a probability of less than one percentage point of obtaining financial indicators, in terms of NPV and IRR, that are not profitable for the Project; confirming the results obtained in the evaluations carried out.

The results obtained in this work verify the financial, economic and social profitability of the Project with a margin of risk.

Keywords: Renewable energy, financial viability, economic - social viability and risk analysis.



Índice General

Resumen	1
Abstract	2
Índice General	3
Índice de Tablas	6
Índice de Gráficas	7
Reconocimiento de los derechos de autor	8
Agradecimiento	11
Dedicatoria	13
1. Introducción	14
2. Pertinencia académico - científica y social	15
Pertinencia académico – científica	15
Pertinencia Social	16
3. Justificación	16
4. Planteamiento del problema	18
5. Objetivos	19
Objetivos generales	19
Objetivos específicos	20
6. Revisión de la literatura	20
Marco Teórico	20
Estado del Arte	23
7. Diseño Metodológico	27
Evaluación Financiera, Económica y Social	27
Modelo de Fijación de Activos de Capital (CAPM)	29
Reajuste de precios en proyectos	30
Fórmula polinómica	31
Precios sombra o relaciones precio cuenta	32
Metodologías de valoración de los beneficios económicos	33
Evaluación social desde un enfoque distributivo	39
Análisis de Riesgo y Sensibilidad	41
Simulación de Monte Carlo (análisis de riesgo probabilístico)	44
Análisis de escenarios financieros (análisis de riesgo financiero determinístico)	45
Análisis de sensibilidad.	45
8. Desarrollo del proyecto	46



Antecedentes	46
Área de influencia del proyecto	46
Demanda actual	47
Oferta Actual	50
Evaluación Financiera	51
Inversión inicial	53
Financiamiento	54
Tasa de descuento financiera	55
Producción de energía del Proyecto	56
Proyección de ingresos	57
Proyección de costos	57
Indicadores Financieros	58
Evaluación económica - social	60
Relaciones Precio Cuenta (RPC)	60
Inversión inicial	61
Tasa social de descuento	62
Proyección de ingresos	63
Proyección de costos	63
Identificación de beneficios	64
Cuantificación de los beneficios	64
Indicadores Económicos	72
Evaluación Social: Enfoque Distributivo.	73
Análisis de sensibilidad	76
Análisis de sensibilidad financiero	76
Análisis de sensibilidad económico-social	80
Análisis de sensibilidad mediante escenarios	86
Análisis de escenarios financieros	86
Análisis de escenarios económico-social	88
Análisis de riesgo financiero	90
Análisis probabilístico: Simulación de Monte Carlo	90
Variables de riesgo	91
Criterios de decisión	92
Proceso de simulación de Monte Carlo	92
Resultados preliminares del análisis probabilístico	92
9. Resultados	96
10. Conclusiones, Recomendaciones y Limitaciones	98
11. Bibliografía	100
12. Anexos	104
Anexo 1 Costo de inversión 2013	104
Anexo 2 Fórmula polinómica Quingoyacu	106
Anexo 3 Fórmula polinómica Soldados	108



Anexo 4 Fórmula polinómica Yanuncay_____	110
Anexo 5 Costo de inversión actualizado a enero 2018 _____	112
Anexo 6 Escenarios de estructura de capital _____	114
Anexo 7 Cálculo de la Tasa de Descuento Financiera _____	114
Anexo 9 Cálculo del componente importado de los costos directos _____	115
Anexo 8 Mapa de pluviosidad de la ciudad de Cuenca _____	117
Anexo 10 Distribución de probabilidad de la variable Costo de operación y mantenimiento. _____	118
Anexo 11 Distribución de probabilidad de la variable Tasa de interés. _____	118
Anexo 12 Distribución de probabilidad de la variable Costo de inversión. _____	119
Anexo 13 Distribución de probabilidad de la variable Precio de venta. _____	119
Anexo 14 Rangos de amplitud de las variables financieras. _____	120
Anexo 15 Protocolo de Trabajo de Titulación Aprobado. _____	121

Índice de Tablas

Tabla 1 Metodologías de evaluación	28
Tabla 2 Metodologías de Riesgo Financiero	42
Tabla 3 Información general del mercado eléctrico ecuatoriano 2017	47
Tabla 4 Información del Proyecto	52
Tabla 5 Desglose del costo de inversión a 2013	53
Tabla 6 Desglose del costo de inversión a enero 2018	54
Tabla 7 Condiciones de crédito	54
Tabla 8 Información para el cálculo del PPCC	55
Tabla 9 Indicadores Financieros (Soldados – Yanuncay)	59
Tabla 10 Relaciones precio cuenta	61
Tabla 11 Presupuesto de inversión Proyecto de Uso Múltiple Soldados – Yanuncay.	61
Tabla 12 Estructura de los costos de O y M fijos.	63
Tabla 13 Producción de energía del SIN anual.	65
Tabla 14 Desplazamiento de la energía térmica por energía hidroeléctrica.	65
Tabla 15 Emisiones de Co2 según tipo de combustible	67
Tabla 16 Índice de las emisiones difusas (período libre de hielos)	67
Tabla 17 Beneficios del Proyecto Sustag.	69
Tabla 18 Estructura de costos respecto a inundaciones.	70
Tabla 19 Costos de afectación por inundación anuales.	71
Tabla 20 Reducción estimada ante amenaza de inundaciones.	71
Tabla 21 Indicadores Económicos - Sociales (Soldados – Yanuncay)	72
Tabla 22 Deciles de ingreso anual Cuenca.	74
Tabla 23 Ponderador distributivo por decil.	75
Tabla 24 Indicadores sociales enfoque distributivo (Soldados – Yanuncay).	75
Tabla 25 Variables del análisis de sensibilidad unidimensional.	76
Tabla 26 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del costo de O y M.	77
Tabla 27 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del precio > 15 años.	77
Tabla 28 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del tasa de interés.	78
Tabla 29 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del costo de inversión.	78
Tabla 30 Variables del análisis de sensibilidad bidimensional.	79
Tabla 31 Resultados análisis sensibilidad bidimensional precio – costo, respecto al VAN.	79
Tabla 32 Resultados análisis sensibilidad bidimensional estructura de capital – tasa de interés, respecto al VAN.	80
Tabla 33 Variables del análisis de sensibilidad unidimensional.	81
Tabla 34 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del costo de O y M.	81

Tabla 35 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del precio > 15 años.	82
Tabla 36 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del tasa de interés.	82
Tabla 37 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del beneficio por control de inundaciones.	83
Tabla 38 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del precio de importación del diésel.	84
Tabla 39 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del beneficio por agua potable.	84
Tabla 40 Variables del análisis de sensibilidad bidimensional.	85
Tabla 41 Resultados análisis sensibilidad bidimensional precio – costo, respecto al VANE.	85
Tabla 42 Resultados análisis sensibilidad bidimensional beneficio reducción – emisión CO ₂ , respecto al VANE.	86
Tabla 43 Datos Escenarios.	87
Tabla 44 Resultados análisis de escenarios.	87
Tabla 45 Escenarios económicos.	88
Tabla 46 Resultados análisis de escenarios.	89
Tabla 47 Resultados análisis de escenarios.	91

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Demanda mensual de energía (GWh) del año 2017	48
Gráfica 2 Participación de las Empresas Distribuidoras en la demanda de energía	49
Gráfica 3 Producción total de energía Neta (%)	50
Gráfica 4 Participación de las empresas en la oferta de energía hidroeléctrica a nivel nacional	51
Gráfica 5 Producción proyectada	56
Gráfica 6 Salida simulación VAN.	93
Gráfica 7 Salida simulación TIR.	93
Gráfica 8 Coeficientes de correlación del VAN.	94
Gráfica 9 Coeficientes de correlación del TIR.	94
Gráfica 10 Correlación precio de venta sobre VAN y TIR.	95
Gráfica 11 Salida distribución de probabilidad acumulada del VAN.	96



Reconocimiento de los derechos de autor

Yo, Pablo José Durán Loja, con C.I. 010525693-7, autor del trabajo de titulación "EVALUACIÓN ECONÓMICA, SOCIAL Y FINANCIERA DEL PROYECTO DE USO MÚLTIPLE SOLDADOS-YANUNCAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de mi autoría.

Cuenca, julio de 2018.

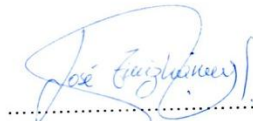
Pablo José Durán Loja

C.I. 010525693-7

Reconocimiento de los derechos de autor

Yo, José Paúl Tinizhañay Peralta, con C.I. 010648453-8, autor del trabajo de titulación "EVALUACIÓN ECONÓMICA, SOCIAL Y FINANCIERA DEL PROYECTO DE USO MÚLTIPLE SOLDADOS-YANUNCAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de mi autoría.

Cuenca, julio de 2018.



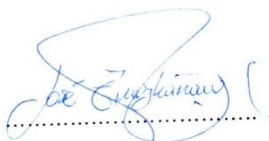
José Paúl Tinizhañay Peralta
C.I. 010648453-8

Reconocimiento de responsabilidad

José Paúl Tinizhañay Peralta, con C.I. 010648453-8, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN ECONÓMICA, SOCIAL Y FINANCIERA DEL PROYECTO DE USO MÚLTIPLE SOLDADOS-YANUNCAY", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, julio de 2018.



José Paúl Tinizhañay Peralta
C.I. 010648453-8

Reconocimiento de responsabilidad

Pablo José Durán Loja, con C.I. 010525693-7, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN ECONÓMICA, SOCIAL Y FINANCIERA DEL PROYECTO DE USO MÚLTIPLE SOLDADOS-YANUNCAY", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, julio de 2018.



Pablo José Durán Loja

C.I. 010525693-7



Agradecimiento

A Dios, por permitirnos vivir hasta este día, habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera estudiantil, por ser nuestra fortaleza para seguir adelante en momentos difíciles y por ser la luz que ilumina siempre nuestro camino.

Además, un agradecimiento especial a nuestras familias por brindarnos su ayuda y apoyo en todo momento para lograr conseguir esta meta. De igual manera al Econ. Víctor Aguilar, Econ. Fernando Maldonado, y todos los profesores quienes, con su destacada trayectoria profesional y experiencia, aportaron consejos y opiniones al presente trabajo, y fueron una guía ante las inquietudes y desafíos que presentó el desarrollo del mismo.

Dedicatoria

Dedico esta tesis de manera especial a mi hija, María Paz, su amor, su sonrisa y sus locuras son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo y de mis ganas de superarme. Además, le agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce de la vida. Fue, es y será mi motivación más grande para dar cada día lo mejor de mí.

De igual manera, dedico esta tesis a toda mi familia, Diana, Mafer, Pablo, Elizabeth, Rita, Sandra, Gloria, Dayana y Katherine, que siempre han estado cuando más los he necesitado.

Pablo

Dedico la culminación de este trabajo a mi familia, mis padres, José y Beatriz, que desinteresadamente supieron brindarme siempre su apoyo incondicional y su consejo oportuno; a mis hermanas Viviana y María Paz por todas las experiencias y vivencias que hemos compartido y me han ayudado a crecer como persona.

José

1. Introducción

Antes de comenzar a realizar un análisis económico y financiero del Proyecto de Uso Múltiple Soldados-Yanuncay en Ecuador, es necesario analizar por qué este tema es tan importante para el país.

De acuerdo con la información en el Plan Maestro de Electrificación (2013-2022), para los próximos años, una expansión del complejo generador ecuatoriano se llevará a cabo casi exclusivamente con energía renovable. En este sentido, el Proyecto de Uso Múltiple Soldados-Yanuncay contribuye al aumento de la matriz energética nacional a través de una fuente de energía que además de renovable es limpia y confiable.

El desarrollo de proyectos hidroeléctricos tiene activos con alta demanda de capital y maduración de largo plazo. En el Proyecto de Uso Múltiple Soldados-Yanuncay, el monto previsto de la inversión total es de USD\$ 92,37 millones, que corresponde a una capacidad instalada de 21,8 MW, operando con una producción de 109,39 GWh/año bajo condiciones hidrológicas promedio.

En consecuencia, uno de los propósitos de este estudio es evaluar la viabilidad financiera del Proyecto, para establecer su solidez y estabilidad, ayudando a determinar la posición futura y los requisitos financieros necesarios para la implementación del mismo.

Además, el análisis financiero del Proyecto en este estudio incluye un análisis de riesgo financiero y la evaluación de escenarios potenciales con respecto a las variables más relevantes, tanto a corto como a mediano plazo.

De igual manera, es necesario evaluar la viabilidad económica y social del proyecto, para analizar si el uso de recursos, en un momento particular del Proyecto, genera mayores beneficios para la sociedad que su uso en aplicaciones alternativas. Estos análisis son trascendentales, debido a que los prestamistas potenciales se basan en los resultados obtenidos en las evaluaciones para la aprobación del financiamiento necesario.

2. Pertinencia académico - científica y social

Pertinencia académico – científica

Para el desarrollo sostenible y sustentable de una economía, la importancia de energías renovables constituye un elemento ineludible para el logro de dicho objetivo. La energía hidroeléctrica es un recurso vital de energía renovable y para muchos países es la única energía renovable que tiene el potencial de ampliar el acceso a la electricidad a grandes poblaciones. Específicamente, se puede hablar del caso de centrales hidroeléctricas que se encuentran en fase de estudios finales; como lo es el caso particular del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay; el cual posee la singularidad de considerarse como de uso múltiple, puesto que, no solo contempla la producción hidroeléctrica, sino que adicionalmente regulará el caudal del río Yanuncay para la planta de agua potable de Sustag, de propiedad de ETAPA E.P.; y paralelamente coadyuva otros beneficios generados por la implementación del proyecto.

Por tal motivo, es indispensable la realización de evaluaciones de carácter financiero, económico y social, como bien lo refiere trabajos realizados por Martínez, et al. (2005) para el caso español, Ihum (2017) aplicado a la realidad de Kenia, Benavides (2005) en la evaluación de riesgo para el caso de Costa Rica.

En el ámbito de aplicación para Ecuador, los trabajos existentes sobre la presente temática de estudio son escasos, puesto que la gran mayoría se encuentran en el ámbito académico y a nivel de grado; y en el entorno privado, solo a nivel de consultoría por lo cual el acceso a dichos estudios se ve limitado; siendo estos trabajos realizados en contextos diferentes, pero con elementos de estudio comunes.

El presente proyecto integrador esencialmente está conformado por las evaluaciones económica, financiera y social del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay, dichas evaluaciones permitirán poner en práctica los

conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica. Además, esta investigación servirá como referente para futuros estudios relacionados a esta temática.

Por lo expuesto anteriormente, se logra la consecución de los objetivos institucionales de la Empresa Electro Generadora del Austro S.A., a la par que se contribuye con el bienestar del país, puesto que las evaluaciones que se proponen realizar, son elementos idóneos para una toma de decisiones con criterios técnicos y sociales.

Pertinencia Social

La Empresa Electro Generadora del Austro S.A. tiene como funciones principales la explotación económica de varias centrales generadoras de energía eléctrica y la colocación de su producción total o parcial en el mercado eléctrico para su posterior comercialización. Para el cumplimiento de dicho objetivo la empresa podrá realizar cualquier clase de actos civiles, industriales y mercantiles. Siendo necesario evaluar rigurosamente el impacto económico – social estimado del proyecto, mediante las evaluaciones económica, financiera y social.

La pertinencia social de nuestra investigación consiste en evaluar el impacto en el bienestar económico - social de la población involucrada y además de cuantificar la responsabilidad de los efectos del proyecto sobre la sociedad en general.

3. Justificación

El proyecto integrador a realizarse consiste en las evaluaciones económica, financiera y social del proyecto múltiple Soldados-Yanuncay que de manera general está compuesto por la represa de Quingoyacu, Central Soldados y Central Yanuncay. Dicho proyecto tiene un presupuesto referencial para su construcción sin IVA, determinado en el 2013 por la consultora CESEL, de USD 73 371 968. A este monto se deberá adicionar valores por Gerencia y Fiscalización, Supervisión y adquisición de terrenos, para un total del costo

del proyecto de USD 81 252 043. Los proyectos de la Presa Quingoyacu, las Centrales Hidroeléctricas Soldados – Yanuncay y el Sistema de transmisión asociado, serán efectuados en tres años. Para la Empresa ELECAUSTRO S.A., la determinación de la estructura de financiamiento es particularmente relevante, por lo se debe realizar un correcto análisis de la misma.

La importancia de esta investigación radica en que los proyectos de carácter público deben ser sostenibles financiera y económicamente a lo largo del tiempo. Teniendo en cuenta que para la correcta realización de estas evaluaciones se debe delimitar claramente los diferentes beneficios tanto económicos como sociales (externalidades positivas y negativas) que pueden existir por la realización del proyecto. Razón por la cual, es necesario realizar una adecuada evaluación financiera, económica y social del proyecto, considerando diferentes factores que puedan afectar dichas evaluaciones.

La evaluación económica y financiera a realizar del proyecto Múltiple Soldados -Yanuncay es un requisito fundamental en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, particularmente debido a que el proyecto requiere asistencia financiera (siendo dichas evaluaciones un requisito solicitado por cualquier institución financiera) y además las evaluaciones tanto económica como financiera facilitarán y optimizarán la toma de decisiones. Teniendo en cuenta, que la vida útil estimada del proyecto, según el estudio técnico, es de 50 años.

La evaluación financiera del proyecto indicará si el proyecto contribuirá a los objetivos generales de la empresa o caso contrario supondrá un deterioro de sus recursos financieros. Además, la realización del análisis financiero nos permitirá evaluar la rentabilidad potencial desde la perspectiva de inversor al examinar los beneficios y costos del proyecto para la empresa.

El análisis económico de empresas que operan con recursos públicos es de gran importancia a nivel de la economía en general, debido a que el análisis económico se refiere al verdadero valor que tiene un proyecto para la

sociedad en su conjunto, incluyendo a todos los miembros de la misma y midiendo los impactos positivos y negativos del proyecto.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el análisis económico y financiero son complementarios. Para que un proyecto sea económicamente viable, debe ser financieramente sostenible. Si un proyecto no es financieramente sostenible, no habrá fondos adecuados para operar, mantener y reemplazar los activos adecuadamente. A veces se ha sugerido que la viabilidad financiera no debe ser motivo de preocupación, ya que mientras un proyecto sea económicamente viable, puede ser respaldado mediante subsidios gubernamentales.

La evaluación social a realizarse, tendrá en cuenta diversos componentes tales como: el componente productivo que contempla la economía familiar de la población que habita en el área de influencia del proyecto.

4. Planteamiento del problema

La empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A., creada en 1999 como resultado de la escisión de la distribuidora Centro Sur C.A., posee su sede en la ciudad de Cuenca. Elecaustro tiene plantas de operación energética en las provincias de Azuay y Cañar. Además, su cartera incluye la planta hidroeléctrica Ocaña de 26MW, el complejo hidroeléctrico de Manchángara (que agrupa a las centrales Saymirín de 15,5MW y Saucay de 24MW), las represas Chanlud y El Labrado; igualmente tiene una central termoeléctrica El Descanso compuesta por cuatro unidades de 4.800Kw cada una, entre las más significativas.

Dentro de los proyectos en estudio que posee la empresa para su posible construcción, se encuentran el proyecto Ocaña 2 y el proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay.

Este último sobre la base de análisis preliminares identificó a la microcuenca del río Yanuncay como un espacio geográfico susceptible de ser aprovechado para el desarrollo de proyectos de generación hidroeléctrica.

Como resultado de los estudios de prefactibilidad se recomendó los análisis de un proyecto con tres centrales: Soldados, Yanuncay y Minas. No obstante, los diseños definitivos fueron efectuados únicamente para las centrales Soldados y Yanuncay.

El proyecto hidroeléctrico es considerado como de uso MULTIPLE debido a que, adicional a la producción hidroeléctrica, permitirá suministrar el caudal necesario para la planta de agua potable de Sustag, de propiedad de ETAPA E.P.; así como disminuir los riesgos por inundaciones en la cuenca baja del río Yanuncay. La implementación de este proyecto tendrá un costo aproximado de USD 81 252 043, este valor deberá tener una estructura de financiamiento adecuada.

El proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay requiere las evaluaciones económica, financiera y social, debido a que un análisis compuesto (financiero, económico y social), durante la evaluación y la implementación del proyecto, desempeña un papel clave para lograr los resultados económicos deseados, aumentando la probabilidad de beneficios sostenidos del proyecto.

Además, la evaluación económica y financiera de proyectos es un requisito de la mayoría de gobiernos e Instituciones Financieras Internacionales (IFI), proporcionando los elementos necesarios para la acertada toma de decisiones acerca del financiamiento de la inversión necesaria para el proyecto propuesto basado en su viabilidad financiera y económica.

5. Objetivos

Objetivos generales

- Realizar las evaluaciones económica, financiera y social del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay.
- Realizar los análisis de riesgo y sensibilidad del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay.

Objetivos específicos

- Determinar las características de la población del área de incidencia del proyecto.
- Determinar la metodología adecuada para el caso de estudio.
- Identificar y estimar los beneficios económicos – sociales del proyecto.
- Comparar las evaluaciones en diferentes escenarios.
- Establecer un rango de amplitud de las variables del modelo que proporcionen indicadores rentables para el proyecto.

6. Revisión de la literatura

Marco Teórico

El desempeño financiero es la evaluación científica de la rentabilidad y la solidez financiera de cualquier proyecto, Sapag y Sapag (2008) en su libro definen a la evaluación financiera como el proceso de evaluación de diversos proyectos, presupuestos, negocios y otras filiales relacionadas con las finanzas para acordar su viabilidad para la inversión. La evaluación financiera o popularmente conocida como análisis financiero se usa para examinar si una unidad es estable, líquida, solvente o rentable para invertir.

Existen numerosas herramientas y técnicas para evaluar financieramente un proyecto:

- La evaluación del costo del proyecto
- Valor de la inversión del proyecto en el tiempo
- Valor actual neto (VAN) del proyecto
- Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto
- Periodo de recuperación
- Evaluación de riesgos

Además de las técnicas de análisis de datos financieros anteriores, otra forma es calcular las proporciones de los datos del proyecto actual y

compararlos con los datos estándares de otros proyectos contemporáneos o con los resultados anteriores del proyecto para obtener una mejor perspectiva.

Fontaine (2008) define a la evaluación económica como el flujo de recursos reales (de los bienes y servicios) utilizados y producidos por el proyecto. Para la determinación de los costos y beneficios pertinentes, la evaluación económica definirá la situación del país “con” y “sin” la ejecución del proyecto. Por lo que, los costos y beneficios económicos podrán ser distintos de los contemplados por la evaluación financiera. Dado que, los valores (precios) económicos de bienes y servicios difieren del valor pagado por el bien o servicio y parte de los costos o beneficios recae sobre terceros (el caso de las llamadas externalidades).

Fontaine (2008) en su libro también define a la evaluación social como el análisis de viabilidad económica entre la relación de los costos y los beneficios de un proyecto. Pero en la evaluación social deben hacerse preguntas más amplias para abordar los impactos sociales reales. Se debe evaluar los fundamentos de la intervención pública y si la intervención es el medio más apropiado para abordar el problema existente. La evaluación debe centrarse en gran medida en evaluar el impacto real del proyecto en los diversos agentes.

Tradicionalmente, el proceso de las evaluaciones financiera y económica de proyectos se llevó a cabo para clasificar los proyectos de manera sistemática. Con el tiempo, el proceso de las evaluaciones se ha enfocado más específicamente del sector al que pertenece cada proyecto, permitiendo que los datos generados durante el estudio de factibilidad retroalimenten el proceso de diseño. Esto permite que los proyectos se estructuren de forma que se maximice el posible retorno financiero y económico. Todas las inversiones deberían estar sujetas a un proceso sistemático de evaluación de capital con dos objetivos en mente:

- Proporcionar una base para la selección o rechazo de proyectos clasificándolos en orden de rentabilidad o beneficios sociales y ambientales.
- Asegurar que las inversiones no se realicen en proyectos que ganen menos que el costo del capital (generalmente expresado como una tasa de rendimiento mínimo).

Por otra parte, según Brennan (1989) para la realización de la evaluación del proyecto se requiere de un método de valoración del costo de capital para una empresa. Se pueden distinguir dos enfoques generales para el problema de la valoración de activos bajo incertidumbre. El primer enfoque se basa en argumentos de arbitraje de un tipo u otro, mientras que bajo el segundo enfoque los precios de los activos de equilibrio se obtienen al equiparar las demandas de activos determinadas endógenamente con los suministros de activos, que generalmente se toman como exógenos. Algunos ejemplos de los primeros varían desde los argumentos de arbitraje estático que subyacen al teorema de Modigliani-Miller hasta las estrategias de arbitraje dinámico que son la base del modelo de fijación de precios de opciones: dichos modelos basados en arbitraje solo pueden arrojar el precio de un activo en relación con los precios de otros bienes. El Modelo de Fijación de Activos de Capital (CAPM, por sus siglas en inglés) es un ejemplo de un modelo de equilibrio en el que los precios de los activos están relacionados con los datos exógenos, los gustos y dotaciones de los inversores, aunque, el CAPM se presenta a menudo como un modelo de precios relativos.

Para el análisis del modelo CAPM se debe considerar un valor que represente el riesgo sistemático inherente al activo, para lo cual, Dumrauf (2010) describe el método de Betas Comparables, el cual, es un enfoque utilizado para estimar el coeficiente beta de una compañía cuyas acciones no se cotizan públicamente. Esto implica encontrar el coeficiente beta de una empresa “comparable”, es decir, que cotizada en bolsa y posea semejanzas con la firma objeto de análisis; desajustarlo y luego reajustarlo en la

estructura de capital de la primera empresa para encontrar el coeficiente beta buscado.

El método de Betas Comparables también se usa para calcular el costo del capital de un proyecto que es diferente del negocio principal de la empresa.

Para estimar el coeficiente beta (que incorpora el efecto endeudamiento) de la empresa A (objeto de análisis), se debe encontrar el coeficiente beta (que incorpora el efecto endeudamiento) de una compañía B (comparable) mediante la regresión entre el rendimiento de sus acciones y el índice bursátil relevante, y posteriormente llevar a cabo los siguientes cálculos.

$$\beta_B \text{ sin deuda} = \frac{\beta_B \text{ con endeudamiento}}{1 + DE_B * (1 - t_B)} \quad (1)$$

$$\beta_A \text{ con endeudamiento} = \frac{\beta_B \text{ sin deuda}}{1 + DE_A * (1 - t_A)} \quad (2)$$

Donde, t_A y t_B representan la tasa marginal de impuesto a las ganancias de la firma de análisis y la comparable, respectivamente. Y DE_A y DE_B son los ratios de deuda/capital de las compañías A y B, respectivamente. (Dumrauf, 2010)

Estado del Arte

Hamadé (2015) evalúa un proyecto de presa multipropósito en Sambangalou, en donde compara los costos globales de la producción de energía hidroeléctrica con los beneficios que aporta. Además, señala que los costos y beneficios son internos, cuando, están directamente relacionados con la implementación de la presa, y son externos, cuando, son efectos externos del proyecto. Los beneficios del proyecto de energía se evaluaron en términos del costo evitado de implementar la solución de energía hidroeléctrica en lugar de desarrollar la producción de energía térmica en el período de 2011 a 2060.

El estudio concluyó que el valor presente de beneficio resultante (PVB – por sus siglas en inglés) fue de -170 millones de euros después de invertir 292 millones de euros y obtener una tasa de descuento del 10%. En estas condiciones, la Tasa Interna de Retorno de la presa de Sambangalou fue del 5%, lo cual, concluye el autor, es insuficiente para justificar la construcción.

El autor realiza el análisis económico en el marco de estudios de diseño para proporcionar una evaluación que solo contemple los aspectos ambientales y sociales del proyecto en forma de medidas de compensación. Al mismo tiempo, señala que La Represa Sambangalou causa diversos efectos externos que son tanto positivos como negativos e igualmente importantes y merecen ser internalizados.

Su trabajo complementa los estudios previos de viabilidad y de diseño detallado, considerando a la presa como un proyecto de desarrollo público en la Cuenca del Río Gambia. El proyecto público persigue varios objetivos y, por lo tanto, el autor indica que debe examinarse en función de los efectos que tendría en todos los países de la región en un análisis de costo-beneficio, metodología empelada en su estudio.

Bhatia, Malik y Bhatia (2016) en su estudio presentan los resultados de un estudio sobre los impactos económicos directos e indirectos del sistema de presas multipropósito de Bhakra en la parte norte de la India que ha proporcionado beneficios directos en términos de energía hidroeléctrica, agricultura de riego, suministro de agua, control de inundaciones y prevención de sequías. Estos resultados directos del sistema de represas de Bhakra han generado: impactos de vinculación interindustrial, vínculos hacia adelante y hacia atrás, lo que resulta en un aumento en la demanda de productos de otros sectores e impactos inducidos por el consumo que surgen de aumentos en los ingresos y salarios generados por los productos directos de la presa. Dichos impactos económicos indirectos, cuantificados mediante el uso de un modelo de multiplicador de precio fijo basado en una matriz de contabilidad social (SAM) para Punjab. Los resultados sobre la distribución del ingreso muestran que las ganancias de la represa para los

hogares de trabajadores agrícolas han sido más altas que las ganancias para otros hogares rurales y para los hogares urbanos.

Cubbage, Davis, Frey y Behr (2013) en su trabajo tratan sobre el análisis económico y financiero de bienes y servicios de mercado, con aplicación a proyectos forestales en México y América Latina. Además, señalan que los análisis financieros y económicos por sí solos no son suficientes para tomar todas las decisiones del proyecto, pero son necesarios para garantizar que los proyectos utilicen bien el escaso capital y cumplan con los estándares económicos mínimos esperados por las comunidades forestales y los propietarios de tierras, donantes de ayuda extranjera y grupos de asistencia técnica.

Ihum (2017) ha investigado la viabilidad de la construcción de la represa multipropósito Kashimbilla en el estado de Taraba, Nigeria, utilizando el análisis de costos y beneficios (CBA) en dos escenarios diferentes. Particularmente varió la tasa de interés, los costos del proyecto y los beneficios. El análisis ha demostrado que la presa Kashimbilla es un proyecto que vale la pena. Si bien el resultado del cálculo del CBA sugiere que el proyecto es viable, otros beneficios sociales, como la mejora de los rendimientos de los servicios de riego, la mejora de la disponibilidad de agua, los beneficios totales del control de inundaciones (valor de la vida humana), el mayor acceso a los recursos hídricos, la creación de empleo y el turismo indican que el proyecto es una empresa pública digna.

En lo referente a la viabilidad de centrales hidroeléctricas con enfoque de análisis de riesgo Martínez, Rubio, Alegre, Ordoñez y Oliver (2005) analizan que las entidades que participan de la financiación de centrales hidroeléctricas demandan la inclusión del concepto de riesgo en los estudios de viabilidad, por la incertidumbre de algunas de las variables manejadas en el mismo. Además, aplican un modelo de Montecarlo, con objeto de traducir la incertidumbre en un concepto de riesgo matemático a diversos proyectos ya ejecutados en España y gestionados por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE), analizando la determinación

estadística de resultados posibles de rentabilidad de la inversión, facilitando así una herramienta adecuada en la toma de decisiones por parte de los inversores.

Adicionalmente en lo referente a riesgo de proyectos de uso múltiple Benavides (2005) señala que los proyectos constructivos están expuesto a una gran cantidad de riesgos o eventos que pueden perjudicar los resultados esperados. En su trabajo introduce el tema de gestión de riesgos como parte del conocimiento que un administrador de proyectos debe tener. Estableciendo las bases de cada una de las fases del proceso de gestión de riesgo y posteriormente realizando un caso de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Peñas Blancas.

El desarrollo del tema se fundamenta en los conceptos del Instituto de Administración de Proyectos (PMI por sus siglas en inglés) entidad precursora en este campo. Además, realizó un proceso de análisis cualitativo y cuantitativo de riesgo sobre el proyecto hidroeléctrico antes mencionado.

Por otro lado, Kjærland (2007) presenta un estudio de valoración de las oportunidades de inversión en energía hidroeléctrica en el contexto noruego, empelando para ello un Modelo de Fijación de Activos de Capital (CAPM) para la valoración del costo de capital para los inversionistas. En su trabajo destaca que, de acuerdo con NVE (Norwegian Water Resources and Energy Directorate, el regulador), existe un potencial de 39 TWh aún no desarrollados (la generación en un año normal es de aproximadamente 120 TWh) y además, el precio de activación óptimo para iniciar una inversión basada en los precios futuros de la electricidad se calcula en NOK 0,32 / kWh (0,04 EUR / kWh). El análisis muestra coherencia entre la teoría de opciones reales y el comportamiento de la inversión agregada en la energía hidroeléctrica noruega.

Adicionalmente, Barrientos y Villada (2017) proponen una metodología con la finalidad de valorar la tasa de descuento a ser empleada en proyectos

eléctricos de energía renovable y no renovable segmentado por región en la cual se hallan dichos proyectos. La metodología utilizada en el estudio es el Promedio Ponderado de costo de capital (WACC, por sus siglas en inglés), no obstante, para una adecuada aproximación al verdadero rendimiento exigido por el inversor de los proyectos, tanto convencionales como no convencionales, los autores consideran pertinente el uso de un Modelo de Fijación de Activos de Capital (CAPM) para la estimación del parámetro de riesgo en cada región de análisis, considerando variables asociadas a la violencia y grado de corrupción. Sus resultados muestran que el Valle del Cauca y Antioquia, son los lugares donde debería existir una rentabilidad mínima, más alta.

7. Diseño Metodológico

Las evaluaciones económica, financiera y social a efectuarse del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay, se fundamenta en la teoría de administración, gestión y evaluación de proyectos. Motivo por el cual, se presenta la siguiente metodología de posible aplicación:

Evaluación Financiera, Económica y Social

La siguiente tabla resume los puntos principales tanto del análisis financiero como el económico donde se supone que los individuos y la sociedad pueden medir y tratar de maximizar sus beneficios netos, o la utilidad tal como se menciona en la literatura sobre economía. La eficiencia es el principal criterio financiero y económico para la selección de proyectos. Esto se mide maximizando los beneficios o minimizando los costos de mercado en los análisis financieros, y maximizando los beneficios sociales netos en los análisis económicos. Los análisis financieros miden los costos, precios y ganancias en términos de precios de mercado comercial. Los análisis económicos usan precios de mercado siempre que estén disponibles. Cuando hay deficiencias sustanciales de mercado o beneficios ambientales no de mercado (también denominados externalidades), los análisis económicos utilizan aproximaciones o estiman el valor social al adaptar los

análisis para incluir precios sombra, análisis de preferencia revelados o métodos de preferencia establecidos.

Tabla 1 Metodologías de evaluación

EVALUACIÓN FINANCIERA, ECONÓMICA Y SOCIAL

CRITERIO	EVALUACIÓN FINANCIERA	EVALUACIÓN ECONÓMICA	EVALUACIÓN SOCIAL
Palabras Clave	- Dinero	- Bienestar	- Bienestar
		- Sociedad	- Sociedad
		- Eficiencia	- Eficiencia
			- Equidad
Objetivo	- Determinar la capacidad del proyecto de generar dinero	- Determinar qué gana y qué pierde la sociedad o país en términos de bienestar por hacer el proyecto	- Determinar qué gana y qué pierde la sociedad o país en términos de bienestar por hacer el proyecto
Objetivo Metodología	- Determinar la rentabilidad financiera	- Determinar la rentabilidad económica	- Determinar la rentabilidad social
	- Identificación de Ingresos y egresos	- Identificación de impactos económicos	- Identificación de impactos sociales
Metodología Tipo de análisis	- Valoración a precios de mercado	- Valoración de los impactos a precios cuenta, sombra o de eficiencia	- Valoración de los impactos a precios cuenta, sombra o sociales
	- Construcción del flujo de fondos	- Construcción del flujo económico (indicadores Costo-Eficiencia o Costo-Efectividad)	- Construcción del flujo social
	- Análisis de rentabilidad financiera	- Análisis de rentabilidad económica	- Análisis de rentabilidad social
	Tasa de descuento (d)	Tasa social de descuento (TSD)	Tasa social de descuento (TSD)
	Microeconómica	Macroeconómica	Macroeconómica
Suposiciones de valor económico	Los individuos tienen utilidad mensurable; buscan maximizar ganancias; los precios de mercado de equilibrio miden las preferencias individuales	Los individuos y la sociedad buscan maximizar la utilidad; los valores económicos sociales agregados miden las preferencias de la sociedad	
Funciones de producción	Ecuaciones de crecimiento y rendimiento, estudios	Ecuaciones o datos disponibles, mediciones de procesos ecológicos	

	de tiempo, datos de producción a largo plazo, registros históricos	
Efectos de cambios y mercados	Cambios en los precios por el cambio de cantidad	Cambios en el valor del excedente del consumidor y del productor
Datos	Precios de mercado, series de informes de precios, datos históricos, precios mayoristas o minoristas	Precios de mercado, análisis de preferencia revelado, encuestas de preferencia declaradas, transferencia de beneficios
Aplicaciones	Análisis financiero; individuos, comunidades, organizaciones; préstamos bancarios; impuestos, subsidios	Análisis económico; punto de vista de la sociedad, la comunidad o el país; entidades individuales; agencias de crédito

Fuente: Apuntes de clase

Elaboración: Propia

Modelo de Fijación de Activos de Capital (CAPM)

Dentro de la evaluación financiera debe analizarse el Modelo de Fijación de Activos de Capital (CAPM), este modelo describe la relación entre el riesgo sistemático y el rendimiento esperado de los activos. Muestra que el rendimiento esperado de un valor es igual al rendimiento sin riesgo más una prima de riesgo, que se basa en la versión beta de ese valor. El CAPM es ampliamente utilizado en el campo de las finanzas para la fijación de precios de los valores de riesgo, generando rendimientos esperados para los activos dado el riesgo de esos activos y el cálculo de los costos de capital.

La fórmula para calcular el rendimiento esperado de un activo dado su riesgo es la siguiente:

$$r_j = r_f + \beta(r_m - r_f) \quad (3)$$

Donde:

- r_f = Tasa libre de riesgo
- r_m = Retorno esperado del mercado
- β = Beta de la seguridad

La idea general detrás de CAPM es que los inversores deben ser compensados de dos maneras: valor temporal del dinero y riesgo. El valor temporal del dinero está representado por la tasa libre de riesgo (r_f) en la fórmula y compensa a los inversores por colocar dinero en cualquier inversión durante un período de tiempo. La tasa libre de riesgo es habitualmente el rendimiento de los bonos del gobierno, como los bonos del Tesoro de los Estados Unidos.

La otra mitad de la fórmula CAPM representa el riesgo y calcula la cantidad de compensación que el inversionista necesita para asumir un riesgo adicional. Esto se calcula tomando una medida de riesgo (beta) que compara los rendimientos del activo con el mercado durante un período de tiempo y con la prima del mercado ($r_m - r_f$): el retorno del mercado por encima de la tasa sin riesgo. Beta refleja cuán arriesgado es un activo en comparación con el riesgo de mercado general y es una función de la volatilidad del activo y del mercado, así como de la correlación entre los dos. Para las acciones, el mercado generalmente se representa como el S & P 500, pero también se puede representar con índices más sólidos (Brennan, 1989).

Reajuste de precios en proyectos

Según el Registro Oficial No. 581, dicho registro reglamenta la aplicación de la Ley de Reajuste de precios; y la Ley 2000-4 para la Transformación Económica del Ecuador, las mismas regulan el reajuste de precios de la Obra Pública indican que, El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) es la única institución que proporciona precios o índices de precios de materiales, equipo y maquinaria de la construcción que se aplicarán en las fórmulas polinómicas. Que toda entidad pública debe hacer constar en los contratos de ejecución de obras, adquisición de bienes y prestación de servicios. (INEC, 2016)

Las disposiciones del ajuste de precios a causa del aumento o disminución de los costos de los bienes y servicios en contratos de construcción se

practican en todo el mundo para tener una competencia más realista de las ofertas y de la ejecución de contratos de manera equitativa y justa. Los precios de bienes y mano de obra son muy variables debido a las fluctuaciones en el mercado de divisas. Por lo tanto, se consideró prudente calcular el costo de los contratos sobre el precio actual, manteniendo las disposiciones de ajuste de precios para fluctuaciones probables. Los licitadores deben enumerar las tasas básicas de salarios y precios de los materiales en los que se basa su oferta. Verificando la autenticidad de estos usualmente se hace antes de firmar el contrato.

Fórmula polinómica

Para calcular el monto adeudado, el contratista debe presentar evidencia de cómo han cambiado los precios desde que presentó su oferta; o una fórmula que use índices de cambios de precio de los insumos que necesita la obra.

La fórmula Polinómica es el concepto matemático de la distribución de cada uno de los costos del presupuesto de una obra civil, la misma, que está formada por la adición de cada uno de los componentes que conforman la obra en su totalidad, conocidos comúnmente como monomios, los cuales contemplan la aportación de los recursos fundamentales como son: la mano de obra calificada y no calificada, cemento, equipo y maquinaria, acero en barras y gastos varios; los mismos que conforman el costo de la obra. (INEC, 2016)

La fórmula polinómica, es una metodología común para la obtención del incremento que registran los diferentes costos de la obra a lo largo del tiempo. La misma adopta la siguiente expresión matemática:

$$PR = P_0 \left(a \frac{B_1}{B_0} + b \frac{C_1}{C_0} + c \frac{E_1}{E_0} + d \frac{F_1}{F_0} + e \frac{X_1}{X_0} \right) \quad (8)$$

Donde:

PR = Presupuesto actualizado

a, b c, d, e = Coeficientes de incidencia de la mano de obra, cemento portland, equipo y maquinaria, acero en barras y gastos varios respectivamente.

B_1, C_1, E_1, F_1, X_1 = Índices de precios a la fecha de reajuste.

B_0, C_0, E_0, F_0, X_0 = Índices de precios a la fecha base.

Los índices de precios publicados por el INEC, pueden utilizarse en la fórmula polinómica. La fórmula aplica los índices a través de varias ponderaciones dadas a la mano de obra y materiales específicos, en proporción aproximada a su uso en las obras que se construyen. Los tipos estándar de fórmulas se incluyen en el INEC. En cada pago intermedio, la fórmula se aplica utilizando los últimos índices publicados para dar un multiplicador que representa el cambio en los precios de la construcción desde la fecha de la licitación. Esto se aplica al valor del trabajo realizado y certificado para el pago durante el mes. El total acumulado de estas adiciones mensuales representa la provisión para la inflación de precios por el trabajo realizado hasta la fecha. (INEC, 2016)

Si no hay índices autorizados disponibles para calcular la variación de precios, como puede ocurrir en algún proyecto, entonces los aumentos de precios deben calcularse directamente.

Precios sombra o relaciones precio cuenta

Un análisis económico se debe llevar a cabo para evaluar la contribución del proyecto al bienestar. El concepto clave es el uso de precios sombra para reflejar el costo de oportunidad social de los bienes y servicios, en lugar de los precios observados en el mercado, que pueden estar distorsionados (European Commission, 2014). Las fuentes de las distorsiones del mercado son múltiples:

- Mercados no eficientes donde el sector público y / o los operadores ejercen su poder (por ejemplo, subsidios para la generación de energía a

partir de fuentes renovables, precios que incluyen un recargo sobre el costo marginal en el caso de monopolio, etc.)

- Los aranceles administrados para los servicios públicos pueden no reflejar el costo de oportunidad de los insumos debido a razones de asequibilidad y equidad.
- Algunos precios incluyen requisitos fiscales (por ejemplo, derechos de importación, impuestos especiales, IVA y otros impuestos indirectos, impuestos sobre la renta de los salarios, etc.).
- Para algunos efectos, no hay mercado (y precios) disponibles (por ejemplo, reducción de la contaminación del aire, ahorro de tiempo).

El enfoque que se seguirá en este estudio, consistente con la práctica internacional, es pasar del análisis financiero al económico, por lo cual, se debe considerar los siguientes ajustes a realizar:

- Correcciones fiscales.
- Conversión del mercado a precios sombra.
- Evaluación de impactos no de mercado y corrección de externalidades.

Metodologías de valoración de los beneficios económicos

Mientras que en la evaluación económica Bonnet, Witt, Stewart, Hadjerioua, y Mobley, (2015), describe seis categorías de datos que estructuran el marco de beneficios de un proyecto multipropósito. Estas categorías las denominan "usos" y representan la culminación de las operaciones y los servicios posibles gracias a la existencia de un embalse. Estos usos se clasifican ampliamente para identificar las categorías asociadas con un proyecto multipropósito y sirven como base para evaluar las relaciones colectivas e interdependientes:

- Desplazamiento de la energía termoeléctrica por energía hidroeléctrica: operación y uso de instalaciones generadoras y / o equipos para producir energía mediante el uso de agua, disminuyendo el uso de combustibles fósiles.

- Control de inundaciones: represas que facilitan la prevención y / o disminuyen la severidad del daño por inundación a recursos valiosos dentro de una cuenca inundable.
- Navegación: operación y control de las cerraduras para facilitar el transporte de mercancías a través de vías navegables interiores.
- Recreación: El uso de cuerpos de agua (embalses o ríos) para actividades físicas y recreativas (paseos en bote, pesca, natación, etc.).
- Abastecimiento de agua: Retiradas públicas y privadas de agua utilizada para el consumo, municipales e industriales.
- Irrigación: extracción y uso de agua de los embalses para satisfacer las necesidades y requisitos de riego de cultivos y plantas para mantener el crecimiento y la producción.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: el desplazamiento de la energía termoeléctrica por energía hidroeléctrica, reduce notoriamente el impacto negativo ambiental.

De los usos descritos anteriormente, dada la naturaleza del Proyecto Multipropósito Soldados – Yanuncay, los beneficios existentes por la implementación del mismo serán: control de inundaciones, suministro de agua, ahorro fiscal y reducción de emisión de gases.

- **Control de inundaciones**

Los beneficios de control de inundaciones se cuantifican como los daños evitados, o la reducción en los daños potenciales o consumados a las estructuras. Una fracción del valor de la tierra, los edificios, los bienes y las actividades que se encuentran dentro de la llanura de inundación y que se habría destruido, se asignan al evento de inundación, en función de su gravedad. El riesgo de inundación fluvial se puede caracterizar por la probabilidad e intensidad de los altos flujos de los ríos y las inundaciones resultantes, y depende de los procesos físicos de generación de inundaciones (MDS, 2013).

El riesgo de inundación fluvial, como función de peligro y probabilidad, se da con frecuencia, como el daño anual esperado:

$$B_t = P_i \times (C_{sp} - C_{cp}) \quad (4)$$

Donde:

B_t = Beneficios esperados del proyecto.

P_i = Probabilidad de ocurrencia de la inundación.

C_{sp} = Costo estimado de la inundación sin proyecto.

C_{cp} = Costo estimado de la inundación con proyecto.

Dado que el beneficio para prevenir estos eventos naturales puede ser sustancial, la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) realiza un análisis de propiedad para estimar los daños evitados en función de las relaciones derivadas de la etapa de inundación-daño para regiones particulares. Este valor se asigna comúnmente a todo un sistema de río o proyecto que incorpore los beneficios de inundación de múltiples embalses con y sin energía hidroeléctrica. Para obtener el beneficio de una sola represa, la fracción del almacenamiento de inundación total del sistema proporcionada por una represa individual se multiplica por los daños evitados (Hadjerious, Witt, Bonnet, Stewart, & Mobley, 2015).

- **Suministro de agua**

Muchos proyectos multipropósito, alrededor del mundo, asignan un porcentaje de su almacenamiento total al suministro de agua y están equipados con instalaciones para liberar o extraer agua almacenada, y el caso del proyecto Soldados – Yanuncay no es la excepción.

El cálculo para la cuantificación del beneficio por suministro de agua viene dado por:

$$B_{CA} = B_{DA} \times (Q_1 - Q_0) * t \quad (5)$$

Donde:

B_{CA} = Beneficio por disponibilidad continua de agua potable (USD\$).

B_{DA} = Beneficio promedio por disponibilidad de agua potable (USD\$/m³).

Q_1 = Caudal neto para potabilización con proyecto (m³/s).

Q_0 = Caudal neto para potabilización sin proyecto (m³/s).

t = Periodo de estiaje (días).

En general, el beneficio por suministro permanente de agua, es valorado como la multiplicación del déficit existente del caudal neto utilizado para la potabilización del agua por el beneficio promedio de agua de la localidad arrojando un valor en dólares por m³ de agua (MDS, 2013). Para producir el beneficio del volumen de agua almacenada, por el embalse, para uso municipal e industrial se multiplica por el precio promedio nacional de agua por unidad de volumen.

Cuando estos datos no están disponibles anualmente, los precios históricos se indexan a valores actuales o estimaciones de uso. En este caso se considera tanto el costo de procurar un suministro de agua alternativo, y el costo de mantener y construir la infraestructura para entregar el suministro de agua a los usuarios finales (Pizzimenti, Olsen, & Wilson, 2010).

- **Ahorro fiscal**

El beneficio por sustitución de importaciones de diesel y la reducción en el subsidio a los combustibles destinados a la generación eléctrica, dado por el desplazamiento de la energía termoeléctrica por energía hidroeléctrica; en la

operación y uso de instalaciones generadoras y equipos para producir energía mediante el uso de agua, disminuyendo el uso de combustibles fósiles, se cuantifica mediante el precio de paridad de importación del diesel (en USD\$/bbl), que está libre de subsidio (European Commission, 2014).

Para expresar este beneficio en unidades de energía, se multiplica el precio del combustible por la eficiencia media de la generación térmica del SNI (en bbl/MWh). El valor resultante constituye el coste de oportunidad de la producción del proyecto (También llamado coste medio de la generación térmica alternativa o costo combustible libre de subsidio) (MDS, 2013).

- **Reducción de emisión de gases**

Como las represas hidroeléctricas no queman combustibles fósiles, no producen directamente dióxido de carbono. Si bien se produce algo de dióxido de carbono durante la fabricación y la construcción del proyecto, esta es solo una fracción muy pequeña de las emisiones operacionales de la generación de electricidad con combustibles fósiles equivalentes. Este impacto positivo de minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de la energía hidroeléctrica se encuentra especialmente en climas templados.

Para calcular la emisión de CO₂ que se evitará al producir energía hidroeléctrica, sustituyendo la energía termoeléctrica, se utiliza el cálculo del factor de emisión OM simple, el cual se calcula como la generación media ponderada de emisiones de CO₂ por unidad de generación de electricidad neta (t CO₂ / MWh) de la central generadora que presta servicio al SNI (UNFCCC, 2018).

Bajo esta opción, el factor de emisión OM simple se calcula con base en la generación de electricidad neta y un factor de emisión para cada unidad de potencia, de la siguiente manera:

$$EF_{int,T} = \frac{\sum_i (CC_{i,T} * FE_{co2,T})}{EG_T} \quad (6)$$

Donde:

$EF_{int,T}$ = Factor de emisión de CO₂ anual (tCO₂/GWh)

$CC_{i,t}$ = Volumen de combustible tipo i consumido (gal)

$FE_{CO_2,T}$ = Factor de emisión de CO₂ del tipo de combustible i (tCO₂/gal)

EG_T = Producción de energía (GWh)

T = año

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que, a finales de la década de 1990, se formó la World Dam Commission para proporcionar una gran síntesis de las implicaciones ambientales y sociales de los embalses, incluido el papel de las presas para mejorar el efecto invernadero. La WCD reconoció que las presas son una fuente de gases de efecto invernadero (Dossantos, Rosa, Sikar, Sikar, & DosSantos, 2006).

La intensidad de las emisiones, indica la influencia de muchos factores diferentes, incluyendo: temperatura, profundidades del punto de medición, parámetros físicos y químicos del agua, composición de la biosfera, sistema de operaciones del yacimiento y ciclo hidrológico local que está directamente relacionado con la materia orgánica externa lavada desde los suelos y laderas de la cuenca hidrográfica (aguas superficiales y subterráneas).

Guérin, et. al (2006) para un reservorio dado, desarrollaron una fórmula para obtener un flujo de gas promedio representativo, teniendo en cuenta las variaciones espaciales y temporales:

$$E(CH_4) = A(\text{ha}) * ED \left(\frac{\text{kg} * CH_4}{\text{ha} * \text{día}} \right) \times 365 \text{ días} \quad (7)$$

Donde:

$E(CH_4)$ = Emisión de gas metano estimada para el embalse en toneladas.

$A(\text{ha})$ = Área inundada del embalse en hectáreas.

ED = Índice de gas metano en periodos libre de hielos, según el clima.

Evaluación social desde un enfoque distributivo

Jenkins, Kuo, & Harberger (2011) señalan que, las discusiones sobre cómo la política pública debería tratar a diferentes grupos de ciudadanos, un enfoque particular, el de los pesos distributivos, ha gozado de cierto grado de prominencia. Este enfoque aplica diferentes ponderaciones a los beneficios y costos percibidos por diferentes grupos de participantes en la economía. Normalmente, los pesos más altos se aplican a los pobres y desfavorecidos, pesos más bajos a los grupos más ricos. La idea de tales ponderaciones es atractiva para la mayoría de las personas, ya que intuitivamente sienten que una unidad monetaria incremental para una persona más rica debería considerarse menos valioso, desde el punto de vista de la sociedad en general, que la misma unidad monetaria sea otorgada a una persona más pobre. A veces, esta idea está incorporada en el concepto de una función de utilidad representativa, en la que se calcula que la utilidad marginal del dinero adicional disminuye a medida que aumenta el ingreso o la riqueza de las personas.

La economía del bienestar tradicional no incorporó pesos distributivos; aun reconociendo la probabilidad de que la utilidad marginal del ingreso de cada individuo o familia disminuya a medida que aumenta el ingreso o la riqueza.

Los pesos distributivos aún se pueden introducir en este marco, no se los considera como medidas de la utilidad de cada individuo relevante, sino como reflexiones de una decisión social de la importancia del poder adquisitivo incremental, ya que fluye hacia o desde las manos de individuos y grupos particulares (Jenkins, Kuo, & Harberger, 2011).

En este contexto, el ponderador se entiende como cualquier transferencia real o implícita de poder adquisitivo de personas más ricas (de bajo peso) a personas más pobres (de mayor peso) puede considerarse como una

aprobación implícita del desperdicio económico, en una cantidad cuya magnitud se rige por el tamaño de las diferencias entre el peso del "donante" y el peso del receptor.

Por lo tanto, el beneficio neto actualizado de un proyecto estimado según el enfoque distributivo es:

$$\Delta W = \sum \phi_i * VANB \quad (8)$$

Donde:

ΔW = Aumento en el beneficio economico – social.

ϕ_i = Ponderador, enfoque distributivo social.

$VANB$ = Valor actual de los beneficios.

El ponderador ϕ_i viene dado por:

$$\phi_i = (Y/Y_i)^\alpha \quad (9)$$

Donde:

Y = ingreso promedio per cápita de la economía.

Y_i = ingreso per cápita del décil de ingresos del grupo correspondiente.

α = parámetro de sensibilización (valor entre 0 y 1).

El parámetro de sensibilización α , refleja la voluntad de la distribución por parte de gobierno de turno. Cuando el valor del parámetro tiende a cero implica la falta de importancia a la equidad dentro de la economía, mientras que, cuando el valor del parámetro tiende a uno señala un alto grado de importancia redistributiva por parte de las autoridades del país.

Las consideraciones distributivas no modifican una decisión sobre un proyecto si las consideraciones de eficiencia por sí solas conducirían a la misma respuesta. Por lo tanto, en la medida en que una externalidad distributiva tenga un impacto en el resultado, necesariamente debe estar

operando para compensar un costo de eficiencia, hasta el tamaño completo de la externalidad.

Análisis de Riesgo y Sensibilidad

Para garantizar la finalización exitosa de un proyecto, es de suma importancia para el administrador del proyecto encontrar formas de manejar las incertidumbres que pueden presentar riesgos potenciales para el mismo. La gestión de riesgos es un proceso iterativo donde riesgos pueden estar relacionados con cualquier aspecto del proyecto, ya sea el costo, el cronograma o la calidad de sus resultados. La clave para gestionar los riesgos es identificarlos desde el principio del proyecto y desarrollar un plan de respuesta al riesgo adecuado.

Para desarrollar un plan de respuesta al riesgo, se deben cuantificar el impacto de los riesgos en el proyecto. Este proceso se conoce como análisis de riesgo cuantitativo en el que los riesgos se clasifican como riesgos de prioridad alta o baja según la magnitud de su impacto en el proyecto.

La metodología usada para modelar situaciones de tiempo, costo y financiamiento de un proyecto es extensa; teniendo métodos determinísticos, que dan un único resultado sin tener en consideración la probabilidad asociada al mismo; además de métodos probabilísticos que toman en cuenta la posible combinación de probabilidades de ocurrencia de algunas de las variables incluidas en el modelo. Además, se puede tener métodos estáticos y dinámicos, los primeros pueden modelar una única situación, y los otros pueden analizar diversos entornos que dependen de la interacción de las variables que forman el modelo. En la siguiente tabla se resumen los métodos más utilizados en la academia:

Tabla 2 Metodologías de Riesgo Financiero

Metodología	Descripción	Ventajas	Desventajas
Árbol de Decisión	Representación gráfica de un problema de decisión y de sus posibles valores esperados. Se conforma por nodos de decisión, probabilidad y terminales conectados por flechas.	Presenta los cálculos de una forma gráfica. Evalúa alternativas con una secuencia de decisiones.	Se debe convertir distribuciones continuas en discretas. Se limita el número de alternativas de decisión y de resultados analizados.
Simulación de Monte Carlo	Es un proceso que modela el comportamiento probabilístico de una función objetivo. Consiste en asignar distribuciones de probabilidad a variables del sistema y realizar gran cantidad de iteraciones para encontrar la distribución de probabilidad de la función objetivo.	Puede representar situaciones complejas con facilidad. Se puede aplicar a muchas situaciones.	La solución puede consumir mucho tiempo en un computador. La solución es aproximada y no es reproducible debido a números aleatorios. Poca precisión con eventos poco probables.
Diagramas de Influencia	Diagrama de red indicando con arcos la influencia entre variables y secuencia en el tiempo. Las variables pueden cuantificarse y por un proceso iterativo se pueden encontrar diferentes valores esperados. Alternativa a árboles de decisión.	Similar a árboles de decisión. Representa mejor la relación entre las variables.	La teoría y los cálculos son más difíciles para calcular valores esperados.
Análisis de Escenarios	Técnica que utiliza varios escenarios posibles para examinar las alternativas futuras.	Es simple	Pocas veces cuantifica el riesgo y la incertidumbre.
Métodos de Momento	Métodos que utilizan la suma de las medias y varianzas de distribuciones independientes para obtener una media y una varianza de la combinación en estudio.	Complejidad media. Rápido y reproducible.	Despliega solamente estadísticas sobre la forma de la distribución resultante. Cálculos ignoran detalles importantes como la correlación entre variables.

Lógica "Fuzzy"	Técnica que utiliza la lógica para clasificar eventos ambiguos desde un punto no probabilístico.	Complejidad media. Rápido y reproducible.	Solamente se aproxima a un razonamiento probabilístico. Necesita desarrollo complejo para incrementar su exactitud.
Critical Path Method	Análisis determinístico que utiliza la red de actividades del proyecto para determinar cuáles actividades forman parte de la ruta crítica que define la duración del proyecto	Simple	Modelos simples pueden ser inadecuados
Project Evaluation and Review Technique	Utiliza la red de actividades del proyecto para determinar cuáles actividades están en la ruta crítica y para aplicar a cada actividad distribuciones de tiempo de terminación para determinar una distribución para la finalización del proyecto como un todo.	Simple	Solamente se puede encontrar una ruta crítica
Precedence Diagramming Method	Modelo de actividades interconectadas que muestra la relación de precedencias entre las actividades		
Análisis de Sensibilidad	Análisis que se lleva a cabo sobre una función objetivo para determinar cómo afectan las variaciones en cada parámetro el resultado de la función en cuestión	Es simple	No cuantifica la interacción riesgo vs valor
Decisiones Multi-Criterio y Proceso Analítico de Jerarquía	Estos métodos se combinan y se utilizan cuando la función objetivo está compuesta por diferentes criterios, por ejemplo, costo y tiempo, asignándose pesos a cada variable según su importancia (proceso analítico de jerarquía)	Es simple si no es probabilístico	No se cuantifica eficazmente el riesgo ni la incertidumbre

Fuente: Risk and Decision Analysis in Projects

Elaboración: Propia

De los métodos anteriormente presentados los más adecuados para el análisis financiero son:

Simulación de Monte Carlo (análisis de riesgo probabilístico)

La simulación de Monte Carlo es una técnica valiosa para analizar los riesgos, específicamente aquellos relacionados con el costo y el cronograma. El hecho de que se basa en datos numéricos reunidos mediante la ejecución de múltiples simulaciones agrega un valor aún mayor a esta técnica. También ayuda a eliminar cualquier tipo de sesgo del proyecto con respecto a la selección de alternativas al planificar los riesgos. Mientras se ejecuta la simulación de Monte Carlo, es aconsejable buscar la participación activa de los principales responsables de la toma de decisiones del proyecto y partes interesadas, específicamente al acordar los valores de rango de las variables de riesgo del proyecto y los patrones de distribución de probabilidad que se utilizarán. Esto contribuirá en gran medida a aumentar la confianza de los interesados en su capacidad general de manejo de riesgos para el proyecto. (Marom, 2010)

Pero, aunque hay numerosos beneficios de la simulación de Monte Carlo, la confiabilidad de las salidas depende de la precisión de los valores de rango y los patrones de correlación, que se hayan especificado durante la simulación. Por lo tanto, debe tener mucho cuidado al identificar las correlaciones y especificar los valores del rango.

Los pasos a seguir en el análisis de Monte Carlo se presentan a continuación:

- Identificar las variables de riesgo del proyecto clave.
- Identificar los límites de rango para estas variables de proyecto.
- Especificar los pesos de probabilidad para este rango de valores.
- Establecer las relaciones para las variables correlacionadas.
- Realizar simulaciones basadas en las variables identificadas y las correlaciones.

- Analizar estadísticamente los resultados de las simulaciones ejecutadas anteriormente.

Análisis de escenarios financieros (análisis de riesgo financiero determinístico)

El análisis de escenarios se usa a menudo para analizar posibles escenarios futuros al considerar los mejores, peores y promedios resultados posibles. Esta técnica es adecuada para eventos únicos.

Los flujos de efectivo esperados que usamos para valorar proyectos se pueden estimar de una o dos formas. Pueden representar un promedio ponderado de probabilidad de los flujos de efectivo en todos los escenarios posibles o pueden ser los flujos de efectivo en el escenario más probable. Mientras que el primero es la medida más precisa, rara vez se usa simplemente porque requiere mucha más información para compilar. En ambos casos, hay otros escenarios donde los flujos de efectivo serán diferentes de las expectativas; más alto de lo esperado en algunos y más bajo de lo esperado en otros. En el análisis de escenarios, estimamos los flujos de efectivo esperados y el valor del proyecto en varios escenarios, con la intención de obtener una mejor idea del efecto del riesgo sobre el valor. (Damodaran, Corporate Finance and Valuation, 2007)

Análisis de sensibilidad.

De acuerdo a Gupta (2001), en este método el análisis del proyecto se basa en los flujos de efectivo, siendo estos inciertos y basados en suposiciones. Un aspecto relevante es que bajo este método los cambios en los supuestos pueden cambiar la decisión.

El Análisis de sensibilidad examina la sensibilidad de una regla de decisión (VAN, TIR, etc.) a los cambios en los supuestos que subyacen a un proyecto.

Los pasos para efectuar este método son:

- Hacer un análisis de caso base, basado en las expectativas sobre el futuro.
- Identificar supuestos clave en el análisis del caso base: estos pueden ser específicos de la empresa (niveles de ingresos, costos operativos, etc.) o macroeconómicos (tasas impositivas, inflación, etc.).
- Cambiar una hipótesis de clave a la vez, y estimar el criterio de decisión (VAN, TIR, etc.): resumir el impacto de cambiar la suposición clave en el criterio de decisión en forma de una tabla o gráfico.
- Decida si tomará o no el proyecto en función del riesgo de cambios en los supuestos clave.

Adicionalmente, los aspectos a tener en cuenta, como más relevantes serán:

- Aquellas variables que afectan en mayor medida los flujos de efectivo (por ejemplo, los niveles de ingresos).
- Aquellas con la mayor incertidumbre.

8. Desarrollo del proyecto

Antecedentes

Área de influencia del proyecto

El proyecto estará localizado en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, en las parroquias rurales: Baños y San Joaquín. Dentro de las coordenadas UTM (WGS 84): 688 421 E y 9 666 228 N (inicio del embalse) y 703 463 E y 9 673 958 N (final de la central hidroeléctrica Yanuncay). Existe, una distancia de 45 km desde el centro de la ciudad de Cuenca hasta la presa Quingoyacu, esta distancia fue medida a través de la longitud de las vías de acceso.

La parroquia Baños cubre un área de 327.3 km² y según el censo ecuatoriano de 2010 tiene una población total de 16 795 personas, con un total de 4 211 hogares y un promedio de 3,99 personas por hogar. Para el

año 2018, la población de esta parroquia es de 20 482 personas, según las proyecciones poblacionales del INEC (2018).

Mientras que, la parroquia San Joaquín cubre un área de 185.1 km² y según el censo ecuatoriano de 2010 tiene una población total de 7 455 personas, con un total de 1 855 hogares y un promedio de 4,02 personas por hogar. Para el año 2018, la población de esta parroquia es de 9 062 personas, según las proyecciones poblacionales del INEC (2018).

El componente productivo que contempla la economía familiar de la población que habita en el área de influencia del proyecto, está sustentada básicamente en la producción agropecuaria y en menor escala la piscicultura; y el aspecto cultural que está vinculado con el desarrollo económico del turismo en la Cuenca alta y media del río Yanuncay.

Demanda actual

De acuerdo al informe anual del CENACE (2017) la actividad del mercado de energía del Ecuador es regulado por la Constitución del país, además, por el Plan Nacional de Desarrollo (PND) y por la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE); la misma que es articulada por medio del Plan Maestro de Electricidad del Ecuador y demás planes de los sectores, reglamentos y las regulaciones que se puedan aplicar.

En la tabla que se presenta a continuación se encuentra detallada la información referente a la demanda y producción de la energía a nivel nacional del año 2017.

Tabla 3 Información general del mercado eléctrico ecuatoriano 2017

Descripción	Unidad de medida	Cantidad
Prod. total bruta de energía	Gigavatio-hora	23.943
Prod. bruta de hidroenergía	Gigavatio-hora	19.959
Prod. bruta de termoenergía	Gigavatio-hora	3.577
Prod. neta del total de energía	Gigavatio-hora	23.686
Prod. neta del total de energía hidr.	Gigavatio-hora	19.867
Prod. neta del total de energía term.	Gigavatio-hora	3.411
Total de exportaciones	Gigavatio-hora	210

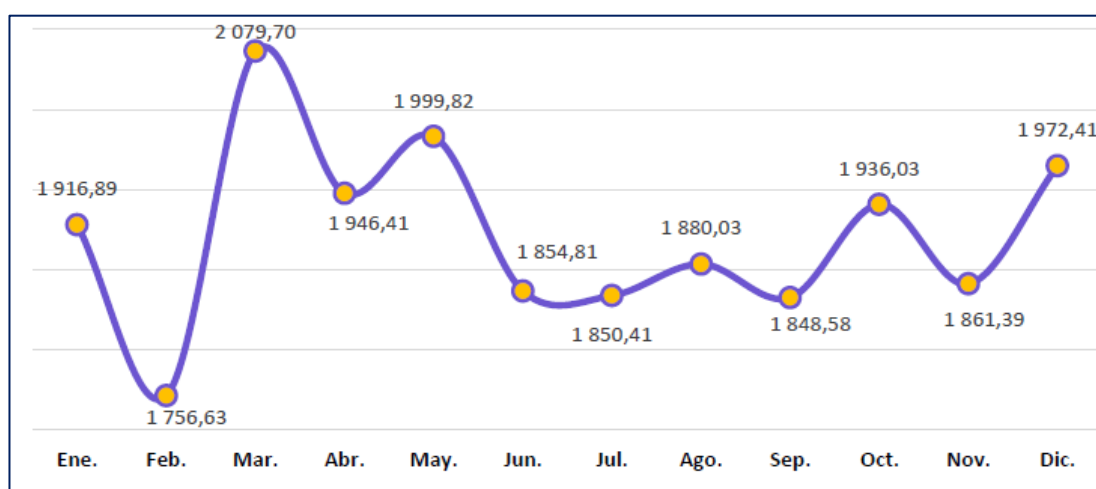
Demanda total de energía (+ exportac.)	Gigavatio-hora	22.903
--	----------------	--------

Fuente: (CENACE, 2017)

Elaboración: Propia

Como se puede observar en la tabla anterior en el año 2017, el Ecuador logró una producción total neta de energía de 23 686 Gigavatio-hora, comparando con la información del año 2016, la producción neta total evidencia un incremento de 723 Gigavatio-hora.

Gráfica 1 Demanda mensual de energía (GWh) del año 2017



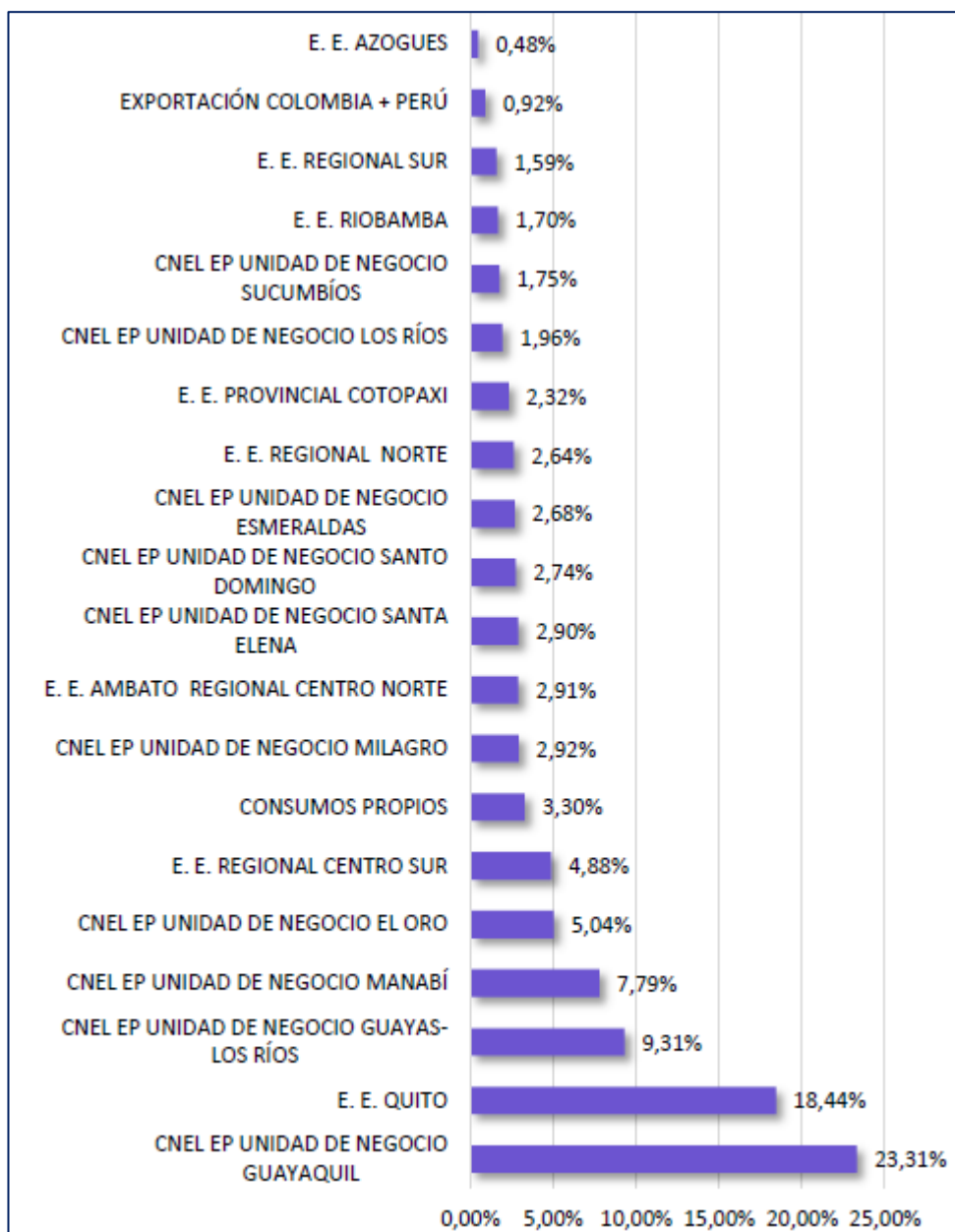
Fuente: (CENACE, 2017)

Elaboración: (CENACE, 2017)

En 2017, como se muestra en la gráfica 1, el pico más alto de la demanda fue en el mes de marzo alcanzando un valor de 2.079,70 Gigavatios-hora y el pico más bajo fue en el mes de febrero con el valor de 1.756,63 Gigavatios-hora a nivel nacional.

En la gráfica 2 se presenta la distribución porcentual de la demanda nacional de energía, categorizada en: empresas distribuidoras de energía, consumos propios y exportaciones.

Gráfica 2 Participación de las Empresas Distribuidoras en la demanda de energía



Fuente: (CENACE, 2017)

Elaboración: (CENACE, 2017)

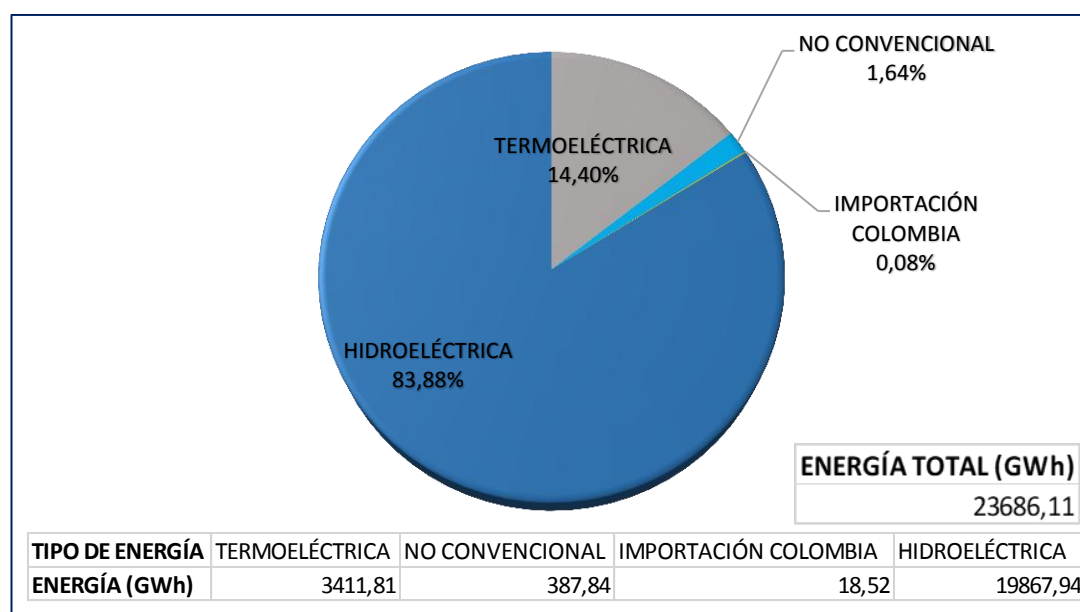
La energía generada por las dos centrales hidroeléctricas del Proyecto Multipropósito Soldados – Yanuncay, será adjudicada al mercado mayorista, dicha producción será despachada a la subestación Turi de propiedad de la Empresa Eléctrica Centrosur, la misma que tiene una participación

aproximada de 1.117,67 Gigavatios-hora que representa el 4,88% de la demanda nacional neta como se muestra en la gráfica anterior.

Oferta Actual

La gráfica 3 muestra la energía total ofertada durante el año 2017 a nivel nacional, la misma que está distribuida en: generación de energía térmica, generación de energía hídrica, generación de energía no convencional e importación de energía desde el país colombiano.

Gráfica 3 Producción total de energía Neta (%)



Fuente: (CENACE, 2017)

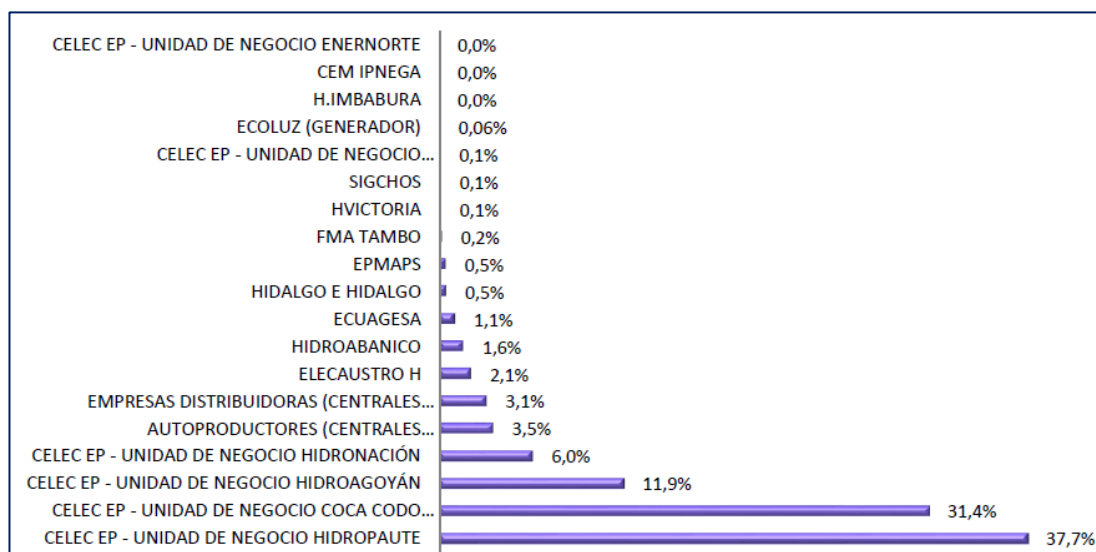
Elaboración: Propia

En la gráfica anterior se observa que la producción de energía hidroeléctrica representa el 83,88% de la oferta total del país, mientras que la importación de energía desde el país de Colombia representa apenas el 0,08% del total. En comparación con el año 2016 la importación de energía se ha reducido, ya que, registra un valor de 0,35%¹ con respecto al total de energía ofertada en ese año.

¹ La importación de energía fue de 0,35% con respecto del total de la oferta de energía en 2016, considerando el 0,19% de importación desde Colombia y 0,16% de importación desde Perú.

Debido a la naturaleza del proyecto de análisis de generar energía hidroeléctrica, en la gráfica 4, se muestra la participación de cada una de las empresas que generan energía hídrica como porcentaje de la producción total anual.

Gráfica 4 Participación de las empresas en la oferta de energía hidroeléctrica a nivel nacional



Fuente: (CENACE, 2017)

Se puede apreciar en la anterior gráfica que la participación de la Empresa ELECAUSTRO en la oferta de energía hídrica es del 2,1% del total nacional, lo cual asciende a 417,22 GWh aproximadamente.

Evaluación Financiera

Un evaluador de un proyecto energético puede usar una variedad de cifras de estimación para evaluar el atractivo financiero de un proyecto de energía. La elección a menudo depende del propósito del análisis. Por la tanto, para la evaluación financiera de este Proyecto se comienza con un análisis del costo de capital del proyecto, los ingresos proyectados y los costos de operación, mantenimiento y administración proyectados. Además, también se preparan: un estado de resultados proforma, una tabla de amortización de la deuda en tres escenarios² y un estado de flujos de efectivo. Los flujos de

² Ver Anexo 6

efectivo anuales se comparan con la inversión de capital inicial para determinar la rentabilidad disponible.

Para la evaluación del proyecto la Empresa ha proporcionado la siguiente información relevante:

Tabla 4 Información del Proyecto

Descripción	Valor	Unidad de medida
Energía Media		
Total	109,39	GWh/año
Yanuncay	77,50	GWh/año
Soldados	31,89	GWh/año
Precio de venta de energía		
Precio < 15 años	\$65,80	US\$/MWh
Precio > 15 años	\$49,74	US\$/MWh
Programa de mantenimiento referencial		
Indisponibilidad programada (c/5años)	6,00%	% del total
Indisponibilidad fortuita (resto/períodos)	3,80%	% del total
Costos de operación y mantenimiento		
OyM Var	\$ 1,26	US\$/MWh
OyM Fijo	\$ 6,43	US\$/kW-año
Gastos Adm	\$ 17,45	US\$/kW-año
Potencia Generada		
Total	21,80	MW
Yanuncay	7,20	MW
Soldados	14,60	MW

Fuente: (ELECAUSTRO, 2017)

Elaboración: Propia

Al ser ELECAUSTRO S.A. una empresa pública, los bienes y servicios importados están exonerados del pago de derechos de importación. Igualmente, de acuerdo la Ley Orgánica de Empresas Públicas, el Proyecto Soldados – Yanuncay se encuentra exonerado del pago al impuesto a la renta.

Inversión inicial

La determinación de los costos de inversión de un proyecto, implica el conocimiento detallado de todos los elementos que intervienen en el mismo, así como las condiciones en que se ejecutará la obra y el tiempo de duración de la misma. El valor del costo de inversión a 2013 asciende a USD\$ 88'360.478,94; dicho valor está estructurado de la siguiente manera:

Tabla 5 Desglose del costo de inversión a 2013

(1) Presa Quingoyacu:	\$	15.344.223
(2) Central Soldados:	\$	19.373.750
(3) Central Yanuncay:	\$	38.653.995
(4) Total Contrato Construcción (1+2+3):	\$	73.371.968
(5) Gerencia y Fiscalización:	\$	5.869.758
(6) Supervisión:	\$	1.467.439
(7) Terrenos:	\$	542.878
(8) IVA 12% (Prod. nacionales)	\$	7.108.435
Total del Proyecto: (4+5+6+7+8)	\$	88.360.478

Fuente: (ELECAUSTRO, 2013)

Elaboración: Propia

El periodo de inversión para la construcción o implementación del proyecto será de 36 meses, periodo en el cual se consideró imprevistos que se puedan originar. Mientras que, la vida útil del proyecto es de 50 años.

Dado que los cálculos del costo de inversión se encuentran valorados a año 2013, es importante tener en cuenta los cambios en los niveles de precios a lo largo del tiempo. Los índices de precios de la construcción reflejan los cambios en el nivel de precios de dichos componentes.

Por lo tanto, siguiendo la metodología del INEC descrita en el diseño metodológico de este trabajo se procedió a actualizar el costo total de inversión del Proyecto mediante el uso de la fórmula polinómica y los índices de precios respectivos.

En la siguiente tabla se presenta el costo de inversión actualizado a enero 2018:

Tabla 6 Desglose del costo de inversión a enero 2018

(1) Presa Quingoyacu:	\$	16.352.636,38
(2) Central Soldados:	\$	20.051.345,40
(3) Central Yanuncay:	\$	40.241.975,81
(4) Total Contrato Construcción (1+2+3):	\$	76.645.957,59
(5) Gerencia y Fiscalización:	\$	6.131.676,60
(6) Supervisión:	\$	1.532.919,16
(7) Terrenos:	\$	542.878,05
(8) IVA 12% (Prod. nacionales)	\$	7.521.701,70
Total del proyecto: (4+5+6+7+8)	\$	92.375.133,10

Fuente: (INEC, 2018)

Elaboración: Propia

Como se puede visualizar en la tabla anterior, se evidencia que el costo de inversión 2018 se ha incrementado en un 4,54% aproximadamente con respecto al costo de inversión 2013.

Financiamiento

La estructura de capital de este proyecto está conformada por financiamiento externo por el valor del costo de inversión sin incluir IVA, ni valores por: gerencia, supervisión y terrenos que representa aproximadamente el 83% del valor total del costo de inversión y el 17% restante es financiado mediante capital propio de la Empresa.

Las condiciones iniciales de crédito son:

Tabla 7 Condiciones de crédito

Descripción	Datos	Estructura de capital
Capital Propio	\$15.729.175,51	17%
Préstamo	\$76.645.957,59	83%
Financiamiento Total:	\$92.375.133,10	
Plazo de repago (semestres)		30
Tasa de interés (semestral)		1,98%
Tiempo de gracia (semestre)		6
Tasa efectiva anual		4,00%

Fuente: (ELECAUSTRO, 2017)

Elaboración: Propia

Las condiciones de crédito descritas en la tabla anterior, serán analizadas en diferentes escenarios posteriormente con la finalidad de establecer los indicadores financieros y económicos del Proyecto.

Tasa de descuento financiera

Para el cálculo de la tasa de descuento financiera se utilizó la metodología descrita por Brennan (1989), con los siguientes datos:

Tabla 8 Información para el cálculo del PPCC

Descripción	Dato
Tasa de rendimiento de mercado	5,14%
Beta comparable sect. Energía Renovable (desapalancado)	0,6880
Beta reapalancado sect. Energía Renovable	1,2589
Tasa libre de riesgo (Treasury Bonds 30 años)	3,11%
Costo de capital del proyecto (CAMP)	5,67%
Ecu index Marzo 2018	1206,08
Ecu index Abril 2018	1268,08
Costo de la deuda	4,00%
Costo de capital	5,67%
Peso deuda	82,97%
Peso capital propio	17,03%
Promedio ponderado del costo de capital PPCC	4,28%

Fuente: (BCE , 2018), (Damodaran, 2018) (Investing, 2018)

Elaboración: Propia

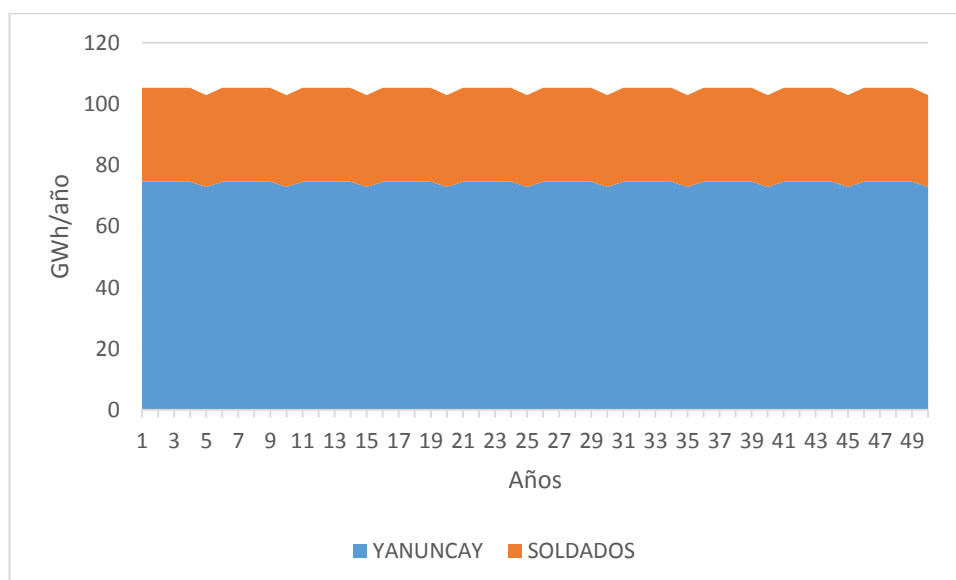
Para la obtención de la tasa de rendimiento de mercado, se utilizó la tasa de variación del indicador Ecu – Index publicado por el Banco Central del Ecuador, debido a que es un parámetro que refleja apropiadamente el desarrollo del mercado agregado accionarial ecuatoriano. Mientras que, para el beta comparable del sector de generación de energía renovable se recurrió a las cifras publicadas por Damodaran (2018). Por otra parte, la literatura económica sugiere que para la tasa libre de riesgo se utilice el valor del rendimiento de los Bonos del Tesoro de EEUU con vida media equivalente a la vida útil del proyecto.

Con los datos anteriormente descritos se evidencia que la tasa de descuento financiera que se debe emplear³ es del 4,28%.

Producción de energía del Proyecto

La construcción y puesta en operación del proyecto, incrementará la oferta de energía hidroeléctrica a nivel nacional en 109,84 GWh/año bajo condiciones hidrológicas promedio. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la producción media del proyecto se verá afectada por indisponibilidades derivadas de la ocurrencia de mantenimientos programados y no programados, como se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfica 5 Producción proyectada



Fuente: (ELECAUSTRO, 2017)

Elaboración: Propia

Según el informe técnico del Proyecto, se ha considerado un programa de mantenimiento referencial para las dos centrales hidroeléctricas, con un factor de indisponibilidad programada de 6 % anual en los años de mantenimiento. Adicionalmente, tanto para la central Yanuncay como para la central Soldados, se ha considerado un factor de indisponibilidad fortuita del 3,8 % anual, aplicable a los años de operación fuera del periodo de mantenimiento programado.

³ Ver Anexo 7

Proyección de ingresos

Según la Codificación de la Regulación No. CONELEC 001/13 emitida por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), existe dos precios de venta de energía por parte de las generadoras de electricidad, el precio preferente y el precio ordinario.

El precio preferente toma en consideración los costos por: administración, operación, mantenimiento y costos variables, considerando aspectos técnicos de cada una de las plantas de generación eléctrica; además, de incluir un porcentaje de rentabilidad. El tiempo de duración del precio preferente es de 15 años (ARCONEL, 2013).

Por otra parte, el precio ordinario de venta de la energía se pagará, como límite, el precio medio de los contratos vigentes de las centrales hidroeléctricas que se encuentren en operación, teniendo en cuenta que dichas centrales sean de semejantes características técnicas. El tiempo de vigencia del precio ordinario iniciará, una vez terminado el periodo del precio preferente (ARCONEL, 2013).

El precio preferente para este Proyecto es de USD\$ 65,80 por MWh, el mismo que ya está establecido mediante suscripción del convenio respectivo. Mientras que, el precio ordinario estimado es de USD\$/MWh 49,74, dicho valor puede experimentar cambios, ya que, este precio está relacionado al precio promedio de los contratos vigentes.

Además, los ingresos proyectados estarán relacionados a la producción de energía de 109,34 GWh/año bajo condiciones hidrológicas promedio.

Proyección de costos

Las centrales hidroeléctricas generalmente requieren poco mantenimiento y los costos de operación serán bajos, durante el funcionamiento del Proyecto. Los costos anuales de operación y mantenimiento se cotizan a menudo como un porcentaje del costo de inversión por kW-año. Los valores típicos

van del 0,5% al 2%. La International Energy Agency (IEA) asume el 0,5% para centrales hidroeléctricas a gran escala y del 0,5% al 2% para proyectos más pequeños, con un promedio global de alrededor del 1,25% (IEA, 2010). Esto generalmente incluirá la renovación de equipos mecánicos y eléctricos como la revisión de la turbina, el rebobinado del generador y las reinversiones en los sistemas de comunicación y control.

Para este proyecto los costos anuales de operación y mantenimiento aproximadamente asciende al valor de \$671.586,77 que representa el 0,876% del presupuesto de inversión del Proyecto, lo cual es consistente con lo señalado por IEA (2010).

Los costos de operación y mantenimiento variables están relacionados con la producción de energía. Mientras que, los costos de operación y mantenimiento fijos, y gastos administrativos se relacionan con la potencia instalada de las centrales hidroeléctricas. Además, el costo del cargo fijo está compuesto de la sumatoria de la anualidad del costo de operación y mantenimiento fijo y la anualidad del fondo de reposición del proyecto (depreciación).

Indicadores Financieros

El proceso para seleccionar proyectos puede requerir mucha reflexión y análisis. Por lo tanto, esta evaluación permitirá evaluar el desempeño y la rentabilidad financiera del proyecto, para la correcta toma de decisiones por parte de los accionistas (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, H. Consejo Provincial del Azuay, I. Municipalidad de Cuenca, H. Consejo Provincial del Cañar, H. Consejo Provincial de Morona Santiago, I. Municipalidad de Sigsig, I. Municipalidad de Santa Isabel, I. Municipalidad de Biblián y I. Municipalidad de Morona). Existen diversos indicadores financieros, sin embargo, los más apropiados para evaluar financieramente este proyecto son: El valor presente neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación (con descuento y sin descuento).

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la evaluación financiera del Proyecto.

Tabla 9 Indicadores Financieros (Soldados – Yanuncay)

Indicadores	Escenario 1 (D/C): 83/17	Escenario 2 (D/C): 80/20	Escenario 3 (D/C): 70/30	Escenario 4* (D/C): 0/100
Tasa de descuento (td)	4,28%	4,33%	4,50%	3,83%
Valor actual neto: (VAN)	\$ 8.244.362,67	\$ 7.648.923,65	\$ 5.525.606,76	\$ 14.653.526,38
Tasa interna de retorno: (TIR)	5,23%	5,19%	5,07%	4,65%
Payback sin descuento	23 años	23 años	22 años	15 años
Payback con descuento	37 años	37 años	38 años	33 años
* El cuarto escenario representa una situación teórica conocida como Evaluación Financiera Pura				

Elaboración: Propia

La evaluación financiera se realizó en cuatro escenarios de estructura de capital. El primer escenario es considerado como el escenario base, el cual, posee una estructura de financiamiento del 83% mediante deuda y el 17% de capital propio, con una tasa de descuento del 4,28%. El segundo escenario tiene una estructura de 80% de deuda y 20% de capital propio, con una tasa de descuento del 4,33%. Mientras que, el tercer escenario tiene una estructura de 70% de deuda y 30% de capital propio, con una tasa de descuento del 4,50%.

En el escenario base se obtienen indicadores de rentabilidad financiera positivos en términos de $VAN > 0$ y $TIR > td$. De igual manera, en el segundo y tercer escenario los indicadores son rentables, no obstante, son ligeramente menores que los indicadores del escenario base.

La tabla 9 muestra que la Empresa, bajo la perspectiva del Proyecto en el escenario base, tiene una remuneración adecuada, ya que la tasa interna de retorno (TIR) es 5,23%, mientras que el rendimiento promedio exigido por la Empresa (tasa de descuento) es de 4,28%. Por lo tanto, el valor presente neto (VAN) del proyecto es positivo y cuyo valor asciende a USD\$ 8,24 millones. Este resultado revela que, dadas las premisas de los ingresos y

gastos establecidos, el Proyecto es capaz de recuperar la inversión realizada por la Empresa con un margen adicional de rentabilidad.

En el escenario base, se espera que la Empresa recupere el monto de la inversión en 23 años, sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, no obstante, al considerar el valor del dinero a lo largo del tiempo el periodo de recuperación de la inversión es de 37 años.

Finalmente, el cuarto escenario, consiste en una situación hipotética en la cual, se evalúa el Proyecto mediante financiamiento 100% con capital propio, y con la tasa de descuento sugerida por la Empresa ELECAUSTRO S.A., en este caso se evidencia resultados financieramente favorables, al igual que en los escenarios anteriores.

Evaluación económica - social

La evaluación económica del Proyecto es más amplia con respecto a la evaluación financiera. En este análisis económico se indica la valoración de los beneficios y costos sociales del Proyecto; utilizando precios sombra, debido a que, los costos o beneficios sociales difieren de los precios de mercado.

A diferencia de la evaluación financiera, donde no se consideraban los impuestos por contar el proyecto con exoneraciones tributarias, los flujos de la evaluación económica - social no consideran impuestos ni emisión de deuda porque al agregarse en un solo flujo consolidado se anulan las transferencias de renta entre agentes.

Relaciones Precio Cuenta (RPC)

En la evaluación económica, todos los rubros del costo de inversión de obra civil, costo de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios; se transformaron a precios de eficiencia.

Tales rubros, fueron desagregados en componentes de mano de obra calificada y no calificada, componentes nacionales e importados, con la finalidad de convertir los rubros financieros en costos de factores económicos. Dichos valores obtenidos, se le aplico los correspondientes factores de conversión a precios de eficiencia, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10 Relaciones precio cuenta

RPC	
RPC mano obra califica	1
RPC mo no calificada	1
RPC divisa	1
Electricidad	1
IVA	1,12
RPC combustible	1

Fuente: (Banco de Desarrollo del Ecuador, 2018)

Inversión inicial

Para los valores del presupuesto de obra civil, se determinó el cálculo del componente importado, aplicando los coeficientes respectivos, suministrados por el Banco de Desarrollo del Ecuador (2018)⁴.

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de inversión inicial a precios de mercado y eficiencia:

Tabla 11 Presupuesto de inversión Proyecto de Uso Múltiple Soldados – Yanuncay.

Rubro	Precios de mercado	Precios de eficiencia
Costos directos	\$ 42.629.723,90	\$ 39.196.296,91
Mano de obra calificada	\$ 4.902.696,54	\$ 4.902.696,54

⁴ Ver Anexo 8

Mano de obra no calificada	\$ 5.681.708,77	\$ 5.681.708,77
Componente nacional	\$ 10.449.458,14	\$ 9.329.873,34
Componente importado	\$ 21.595.860,46	\$ 19.282.018,27
Costos indirectos	\$ 13.897.289,99	\$ 10.484.346,48
Gastos generales	\$ 8.952.242,02	\$ 5.607.967,05
Imprevistos	\$ 852.594,48	\$ 783.925,94
Utilidades	\$ 4.092.453,49	\$ 4.092.453,49
Plan de manejo ambiental	\$ 3.152.607,99	\$ 2.814.828,57
Suministro de tuberías y equipos	\$ 13.965.110,06	\$ 13.965.110,06
Montaje de equipos	\$ 4.991.458,34	\$ 4.456.659,23
Gerenciamiento	\$ 6.131.676,60	\$ 6.131.676,60
Supervisión	\$ 1.532.919,16	\$ 1.532.919,16
Adquisición terrenos	\$ 542.878,05	\$ 542.878,05
Suministro tubería	\$ 5.531.469,01	\$ 4.938.811,61
Total	\$ 92.375.133,10	\$ 84.063.526,67

Elaboración: Propia.

Tasa social de descuento

Después del ajuste de los precios de mercado y la estimación de los impactos extra-mercado, se descontó los costos y beneficios que ocurren en momentos diferentes, mediante la tasa de descuento social (TSD) del 12%, que refleja la visión social sobre cómo se deben valorar los beneficios y costos futuros con respecto a los actuales. Además, la misma ha sido empleada por el departamento de manejo de proyectos del Banco del Estado para fines de evaluación de proyectos.

Proyección de ingresos

En la proyección de ingresos se utilizó los mismos parámetros considerados en la proyección de ingresos empleados en la evaluación financiera, no obstante, los mismos fueron convertidos a precios de eficiencia con la relación precio cuenta (RPC) de la electricidad.

Proyección de costos

Por otra parte, para la proyección de costos, los bienes y servicios a utilizarse en la fase de operación y mantenimiento (O y M) del Proyecto están gravados con el impuesto al valor agregado (IVA) del 12%. De igual manera, conforme a la Memoria General de Presupuesto del Proyecto, se estableció que el 28,33 % del costo de operación y mantenimiento fijo y el 47.31% del gasto de administración corresponden a pagos al personal por concepto de sueldos y salarios, los mismos que no están gravados con el IVA. Con lo cual los costos de operación y mantenimiento fijo y gastos de administración se estructuran de la siguiente manera:

Tabla 12 Estructura de los costos de O y M fijos.

Descripción	%MO	% COMP NACIONAL	% COM IMPORTADO
O y M Fijo	28,33%	58,61%	13,06%
Gastos Adm.	47,31%	43,09%	9,60%

Fuente: (ELECAUSTRO, 2017)

Mientras que, los costos de operación y mantenimiento variables solo contemplan componentes nacionales en su totalidad. Con esta desagregación de los costos, se procedió a aplicar las respectivas relaciones precio cuenta (RPC), con la finalidad de transformar los costos a precios de eficiencia.

Identificación de beneficios

La evaluación económica social busca incorporar al flujo neto, los siguientes beneficios que permitan cuantificar el excedente social total generado por el Proyecto.

- Reducción del subsidio al costo del combustible empleado en la generación eléctrica.
- Reducción en el consumo de combustibles fósiles y reducción de emisiones de CO₂.
- Suministro de agua perene a la planta potabilizadora Sustag, en período de estiaje.
- Reducción del costo esperado por obras de mantenimiento, emergentes y mitigación con respecto al riesgo de inundación, en zonas vulnerables de la cuenca del río Yanuncay.

Estos beneficios, adicionales a la venta de energía, fueron incorporados al flujo del Proyecto desde una perspectiva económica – social, previa aplicación de las respectivas relaciones precio cuenta (RPC).

Cuantificación de los beneficios

Los diversos proyectos pueden producir diferentes beneficios y costos sociales, dependiendo de la tipología específica del proyecto a implementarse. Por tal motivo, estos beneficios y costos de carácter económico social, deben ser valorados en unidades monetarias con la metodología más adecuada para los mismos.

- **Reducción del subsidio al costo del combustible empleado en la generación eléctrica.**

La producción de energía neta total del Sistema Nacional Interconectado para el año 2017 fue de 23686,11 GWh, la cual está compuesta por 83,88% de energía hidráulica, 14,40% de energía térmica y el 1,72% por otras fuentes de energía; como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13 Producción de energía del SIN anual.

Producción	Valor	% del total
Producción neta de energía hidráulica GWh	19867,94	83,88%
Producción neta de energía térmica GWh	3411,81	14,40%
Producción neta de energía otros GWh	406,36	1,72%
Producción neta total de energía GWh	23686,11	100,00%

Fuente: (CENACE, 2017)

Elaboración: Propia

Como se describió en el epígrafe de metodología, la evaluación económico – social supone que la producción del Proyecto desplaza una cantidad de generación térmica a base de diesel 2 en una relación 1:1. Por lo tanto el desplazamiento de la producción de energía térmica por la energía hidroeléctrica en el sistema nacional viene dado como se muestra a continuación:

Tabla 14 Desplazamiento de la energía térmica por energía hidroeléctrica.

Producción de energía	% antes del proyecto	% después del proyecto
Producción de energía hidráulica	83,88%	84,34%
Producción de energía térmica	14,40%	13,94%

Fuente: (CENACE, 2017)

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior la producción de energía térmica disminuye en 0,46% con la implementación del Proyecto.

El beneficio por ahorro fiscal, viene dado por la reducción del subsidio al costo del combustible empleado (diesel 2) en la producción de energía térmica. Siguiendo la metodología descrita anteriormente, este beneficio fue calculado de la siguiente manera:

$$BAF_{anual} = Costo_{subsidio} * Producción_{anual} * Rendimiento$$

El beneficio se cuantificó mediante la diferencia entre el precio de paridad de importación del diesel 2 y el precio de venta interna a generadoras eléctricas, según Informe Estadístico de PETROECUADOR (2018) y el Informe Anual de CENACE (2017) los valores ascienden a USD\$ 84,47 por

barril y USD\$ 38,59 por barril respectivamente. Cabe recalcar que, el precio de importación es un promedio anual de los últimos años, mientras que, el precio de venta interna no ha variado en los últimos 12 años.

Dado lo anterior, el subsidio por barril de diesel 2 tiene un valor de USD\$ 45,88. Por lo tanto, se multiplicó el monto del subsidio de diesel 2 por el rendimiento medio de la generación térmica del Sistema Nacional Interconectado (SNI), el mismo que tiene un valor de 2006,96 bbl/MWh según Informe Anual de CENACE (2017).

Finalmente, para expresar este beneficio en unidades monetarias, el resultado anterior se multiplicó por la producción anual estimada de las centrales Soldados y Yanuncay.

- **Reducción en el consumo de combustibles fósiles y reducción de emisiones de CO₂.**

La reducción de emisiones de CO₂ atribuidas a la implementación del Proyecto fue calculada utilizando la metodología ACM 0002 v18, descrita en el epígrafe de metodología.

Para el cálculo del volumen de combustible de tipo diesel 2 se multiplicó el rendimiento medio de la generación térmica del Sistema Nacional Interconectado (SNI), el mismo que tiene un valor de 84292,21 galones/GWh según Informe Anual de CENACE (2017), por la producción estimada anual del Proyecto en GWh.

El sector eléctrico del Ecuador no dispone de información referente a los factores de emisión de CO₂ según tipo de combustible utilizado en la generación de energía termoeléctrica, razón por la cual, se utilizó la información publicada por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2007), que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15 Emisiones de Co2 según tipo de combustible

Tipo de Combustible	Factor de emisión de CO2
Diesel	10,0 E-03 (ton CO2/gal)
Fuel Oil	10,9 E-03 (ton CO2/gal)
Gas Natural	5,288 E-05 (ton CO2/pie3)
Residuo	9,6 E-03 (ton CO2/gal)

Fuente: (IPCC, 2007)

Por lo tanto, aplicando la ecuación 6, se obtuvo el factor de emisión anual de CO₂ medido en toneladas de CO₂/GWh. A esta reducción de la emisión anual de dióxido de carbono, se la multiplico por el precio promedio de venta de los certificados de reducción de emisiones (CER's) equivalente a 1 tonelada de CO₂, cuyo valor es de USD\$ 0,22, según el Sistema Europeo de Negociación de CO₂ (SENDECO, 2018).

El periodo de acreditación dentro del cual se puede reclamar los CER's ante la UNFCCC para este tipo de proyectos es de 7 años, el cual puede ser renovable por dos periodos consecutivos. Es decir, como máximo se tendría un flujo de beneficios por venta de CER's por un periodo de 21 años desde el inicio de la operación del Proyecto.

Por otra parte, para el cálculo de gas metano emitido por la represa Quingoyacu, se utilizó la metodología descrita anteriormente. Los indices de gas metano en periodos libres de hielo, que se emplearon, fueron calculados por Guérin, et. al (2006), como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16 Índice de las emisiones difusas (período libre de hielos)

Clima	$\left(\frac{kg * CH_4}{ha * día}\right)$		
	Media	Mínima	Máxima
Polar/boreal muy húmedo	0,086	0,011	0,300
Templado frío húmedo	*0,061	0,001	0,200
Templado cálido húmedo	0,150	-0,050	1,100
Templado cálido seco	0,044	0,032	0,090
Tropical muy húmedo	0,630	0,067	1,300
Tropical seco	0,295	0,070	1,100
*Índice a emplear para el embalse Quingoyacu.			

Fuente: Guérin, et. al (2006)

El índice que se utilizó para el cálculo fue de 0,061 debido a la ubicación geográfica del embalse. El mismo, que tiene un área de inundación de 182,70 ha, según la Memoria Descriptiva del Proyecto Soldados - Yanuncay (2017).

Utilizando la ecuación 7, se obtuvo la emisión de gas metano anual por la presa Quingoyacu medido en toneladas. Esta emisión, se multiplicó por el precio de gas metano de USD\$ 238,00 por tonelada emitida, según el Sistema Europeo de Negociación de CO₂ (SENDECO, 2018).

Para la incorporación de estos valores al flujo de beneficios, se consideró el valor neto por el beneficio de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, es decir, la diferencia entre la cuantificación monetaria de la reducción de CO₂ y la cuantificación monetaria de la emisión de CH₄.

- **Suministro de agua perenne a la planta potabilizadora Sustag, en período de estiaje.**

La mayor disponibilidad de agua es un efecto directo típico de los proyectos de uso múltiple, al contar con una represa que permite almacenar un volumen considerable de agua.

De acuerdo a los estudios hidrológicos realizados por ETAPA E.P. (2018), en la planta potabilizadora Sustag, se esperan caudales menores a 1,364 m³/s, caudal mínimo requerido de captación, durante 84 días al año. Por lo que el volumen requerido de almacenamiento al año es de:

$$V_{almcenamiento} = (84\text{días} * \text{déficit}_{anual}) * \text{segundos/día}$$

La información referente al déficit anual esperado por Sustag, se obtuvo mediante informe de ETAPA E.P. (2018).

Por otra parte, para calcular el beneficio promedio por disponibilidad de agua potable, se utilizó la información entregada por ETAPA E.P. (2018), la misma que se presenta a continuación:

Tabla 17 Beneficios del Proyecto Sustag.

Valoración de Beneficios	Unidad	Valor	Población
Salud (Gastos médicos y medicinas)	\$/mes/viv	\$ 40,00	20,85%
Acompañante a Casa de Salud	\$/mes/viv	\$ 31,28	20,85%
Gastos por ausencia laboral	\$/mes/viv	\$ 19,18	14,00%
Gastos por inasistencia a clases	\$/mes/viv	\$ 1,51	14,00%
Gastos por hervir el agua	\$/mes/viv	\$ 1,97	14,00%
Gastos por almacenamiento de agua	\$/mes/viv	\$ 58,62	14,00%
Consumo de agua embotellado	\$/mes/viv	\$ 24,00	14,00%
Gastos por cloración adicional al agua	\$/mes/viv	\$ 10,50	14,00%
Total		\$ 187,06	

Fuente: (ETAPA E.P., 2018)

Con base a la información de la tabla anterior, se procedió a calcular el beneficio de la población afectada, dando como resultado un valor mensual de USD\$ 31,07 por vivienda. Debido a que, este beneficio está expresado en USD\$/mes/vivienda, pero para el cálculo del beneficio por disponibilidad continua de agua potable se requiere que esté expresado en USD\$/día/persona, por lo que se procedió a realizar la siguiente transformación:

$$\frac{USD\$}{m^3} = \frac{\frac{USD\$}{mes * vivienda} * \left(\frac{1mes}{30días}\right) * \left(\frac{1vivienda}{4,02personas}\right)}{Producción \left(\frac{m^3}{mes}\right) * \left(\frac{1mes}{30días}\right) * \left(\frac{1}{Población beneficiaria (personas)}\right)}$$

$$\frac{USD\$}{m^3} = \frac{\frac{USD\$}{día * persona}}{\frac{m^3}{día * persona}}$$

Para la resolución de la expresión anterior, las proyecciones de la población beneficiaria del Proyecto Sustag así como la producción promedio histórica del mismo, se obtuvieron del informe de ETAPA E.P (2018). Mientras que, el número promedio de habitantes por vivienda se obtuvo de las estadísticas poblacionales a nivel parroquial publicadas por INEC (2018).

Resolviendo la expresión, se obtuvo una proxy adecuada para el beneficio promedio por disponibilidad de agua potable.

Finalmente, utilizando los resultados previamente obtenidos, volumen necesario de almacenamiento y beneficio promedio por disponibilidad de agua potable, y aplicando la ecuación 5 se obtuvo el beneficio por disponibilidad continua de agua potable en periodos de estiaje anual por la implementación del Proyecto Soldados – Yanuncay.

- **Reducción del costo de reposición esperado por riesgo de inundación, en zonas vulnerables de la cuenca del río Yanuncay⁵.**

La duración del fenómeno natural (inundación) es corta, pero causa daños extensos. Por lo tanto, siguiendo la metodología descrita anteriormente, los costos anuales promedio asociados a prevención, respuesta y mitigación con respecto a las inundaciones, ocurridas en las cuencas del Río Yanuncay, han causado daños por aproximadamente USD\$87.078,49 en promedio en los 11 años, estas estadísticas fueron brindadas por la Dirección de Obras Públicas de la Ilustre Municipalidad de Cuenca (2018), los mismos que fueron convertidos a precios de eficiencia y se muestran a continuación:

Tabla 18 Estructura de costos respecto a inundaciones.

Detalle	Precios de Mercado	Precios de eficiencia
Mano de obra	\$ 2.198,49	\$ 2.198,49
Materiales (100% nacionales)	\$ 7.744,13	\$ 6.914,40
Maquinaria	\$ 69.945,91	\$ 64.312,42
Costos indirectos	\$ 7.189,97	\$ 5.424,23
Total	\$ 87.078,49	\$ 78.849,54

Fuente: (Dirección de Obras Públicas de la Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2018)

Elaboración: Propia

Adicional a estos rubros, se consideró el costo promedio anual asociado a la afectación a viviendas ubicadas en la zona de vulnerabilidad de la cuenca del Río Yanuncay. Esta información fue otorgada por la Dirección de Gestión

⁵

Se considera las parroquias: Baños, San Joaquín, Yanuncay y Huayna Cápac.

de Riesgos de la Ilustre Municipalidad de Cuenca (2018), la cual se muestra a continuación:

Tabla 19 Costos de afectación por inundación anuales.

Año	Viviendas afectadas	Muertos	Personas evacuadas	Costo anual
2015	2	1	10	\$ 7.850,00
2016	5	0	0	\$ 17.750,00
2017	22	0	0	\$ 78.100,00
Promedio anual				\$ 34.566,67

Fuente: (Dirección de Gestión de Riesgos de la Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2018)

Elaboración: Propia

Dada la información anterior, el costo anual referente a inundaciones asciende a USD\$ 113.416,20.

Por otra parte, para obtener el costo asociado a inundaciones en la situación con proyecto, se utilizó la reducción estimada ante amenaza de inundaciones calculada por Biswas (2015) para las diferentes capacidades de almacenamiento de los embalses, la misma que se presente en la siguiente tabla:

Tabla 20 Reducción estimada ante amenaza de inundaciones.

Categoría	Capacidad total a NAMO (hm3)	Reducción
Pequeña	10-100	*48,15%
Mediana	100-1000	62,98%
Grande	>1000	77,79%
* Reducción utilizada dada la capacidad de la presa Quingoyacu.		

Fuente: Biswas (2015)

Con base en la información anterior, al multiplicar el porcentaje de reducción de riesgo por el costo asociado, al suscitarse dicho desastre natural, el valor por daño evitado promedio anual es de USD\$ 54.606,92. No obstante, según la Secretaria de Gestión de Riesgos Zonal 6 (2018), señala que, la probabilidad de que por lo menos una vez al año existan precipitaciones

superiores a 306,1 mm para la zona de influencia del Río Yanuncay⁶, es de 97,5%.

Con dichas premisas, utilizando la ecuación 4 y dadas las condiciones del Proyecto, se estimó un beneficio anual por reducción al costo evitado por inundaciones de USD\$ 53.241,74.

Indicadores Económicos

Los indicadores resultantes de la presente evaluación permitirán evaluar el desempeño y la rentabilidad económico - social del Proyecto, es decir, identificar el verdadero impacto que genera el Proyecto de Uso Múltiple Soldados - Yanuncay a nivel país.

Por lo tanto, los indicadores que permiten evaluar de manera propicia el excedente social de Proyecto son: el valor presente neto económico (VANE), la tasa interna de retorno económica (TIRE) y el periodo de recuperación (con descuento y sin descuento).

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la evaluación económica – social.

Tabla 21 Indicadores Económicos - Sociales (Soldados – Yanuncay)

Indicadores	Valores
Tasa de descuento (tsd)	12%
Valor actual neto: (VANE)	\$ 2.897.277,54
Tasa interna de retorno: (TIRE)	12,30%
Payback sin descuento	6 años
Payback con descuento	29 años

Elaboración: Propia

Una vez que se toman en cuenta los beneficios y costos económico-sociales, de acuerdo a la información de la tabla anterior, se comprueba la evidente rentabilidad económica-social del Proyecto.

⁶ Ver Anexo 9

La evaluación económico-social se realizó considerando únicamente el escenario base de la evaluación financiera, el cual, posee una estructura de financiamiento del 83% por deuda y el 17% por capital propio, aplicando una tasa social de descuento del 12%.

Los resultados de los indicadores de rentabilidad económico-social obtenidos, fueron adecuados en términos de $VANE > 0$ y $TIRE > tsd$.

En la tabla 21 se puede apreciar que, bajo la perspectiva económica-social del Proyecto, se tiene una tasa interna de retorno económica (TIRE) de 12,30%, mientras que el rendimiento promedio exigido a nivel de la sociedad en su conjunto (tasa social de descuento) es de 12%. Dando como resultado, un valor presente neto económico (VANE) positivo y cuyo valor asciende a USD\$ 2,9 millones aproximadamente. Este resultado muestra que, dadas las premisas de los ingresos, beneficios, costos y gastos establecidos, el Proyecto logrará generar un impacto positivo en el excedente social.

Adicionalmente, se espera que la sociedad recupere la inversión realizada en un lapso de 6 años, sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, sin embargo, al considerar el valor del dinero a lo largo del tiempo el periodo de recuperación de la inversión será de 29 años, contados desde el funcionamiento del Proyecto.

Evaluación Social: Enfoque Distributivo.

Para el análisis del Proyecto de Uso Múltiple Soldados – Yanuncay, mediante la perspectiva del enfoque distributivo desarrollado en el epígrafe de metodología; se utilizó información estadística referente a ingresos monetarios de la ciudad de Cuenca de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos y Rurales ENINGHUR (2012). Con esta información se clasificó la población en deciles de ingreso anual, como presenta en la tabla siguiente.

Tabla 22 Deciles de ingreso anual Cuenca.

Decil	Yi	Recuento
1	\$ 1.758,72	2395
2	\$ 2.059,20	2312
3	\$ 3.088,80	2328
4	\$ 3.431,88	2314
5	\$ 3.781,56	2336
6	\$ 4.320,00	2424
7	\$ 5.160,00	2239
8	\$ 6.177,60	2404
9	\$ 8.400,00	2259
10	\$ 12.840,00	2330
	Total	23340

Fuente: (ENINGHUR, 2012)**Elaboración:** Propia

Según el informe del Estudio de Factibilidad del Proyecto de Uso Múltiple Soldados - Yanuncay (2017) el ingreso monetario per cápita de la población beneficiaria de las externalidades del Proyecto es de USD\$ 163,58 mensual, es decir, USD\$ 1962,96 anual. Por lo que, la población se encuentra en el primer decil de la tabla anterior, lo cual guarda concordancia con la información de la línea base expuesta en la Memoria Descriptiva del Proyecto, en la que, se señala que las principales actividades económicas de la zona son: agricultura, ganadería, turismo, pesca y mano de obra para la construcción.

Debido a que, el parámetro de sensibilización para el caso ecuatoriano no ha sido estimado, se procedió a realizar el análisis con diferentes valores del parámetro con una variación del 10%. Utilizando la ecuación 9 se obtuvo los ponderadores distributivos que se presentan en la tabla 23.

Se utilizó como valor referencial al parámetro de sensibilización, el coeficiente de GINI, debido a que este índice mide estadísticamente la distribución del ingreso en una población, cuyo valor se encuentra entre cero y uno. Este posee un valor de 0,45 para el caso ecuatoriano, según los datos estadísticos del Banco Mundial (2018). Por lo tanto, el ponderador distributivo del Proyecto es de 1,60.

Tabla 23 Ponderador distributivo por decil.

Decil	Y/Yi	α									
		0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	3,55	0,71	1,06	1,42	*1,60	1,77	2,13	2,48	2,84	3,19	3,55
2	3,03	0,61	0,91	1,21	1,36	1,52	1,82	2,12	2,42	2,73	3,03
3	2,02	0,40	0,61	0,81	0,91	1,01	1,21	1,41	1,62	1,82	2,02
4	1,82	0,36	0,55	0,73	0,82	0,91	1,09	1,27	1,45	1,64	1,82
5	1,65	0,33	0,50	0,66	0,74	0,83	0,99	1,16	1,32	1,49	1,65
6	1,44	0,29	0,43	0,58	0,65	0,72	0,87	1,01	1,16	1,30	1,44
7	1,21	0,24	0,36	0,48	0,54	0,60	0,73	0,85	0,97	1,09	1,21
8	1,01	0,20	0,30	0,40	0,45	0,51	0,61	0,71	0,81	0,91	1,01
9	0,74	0,15	0,22	0,30	0,33	0,37	0,45	0,52	0,59	0,67	0,74
10	0,49	0,10	0,15	0,19	0,22	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49

*Ponderador distributivo del Proyecto.

Elaboración: Propia

Finalmente, aplicando la ecuación 8 a los beneficios económicos – sociales, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 24 Indicadores sociales enfoque distributivo (Soldados – Yanuncay).

Indicadores	Valores
Tasa de descuento (tsd)	12%
Valor actual neto: (VANS)	\$ 40.738.597,78
Tasa interna de retorno: (TIRS)	15,93%
Payback sin descuento	4,19
Payback con descuento	10,39

Elaboración: Propia

De acuerdo a la información de la tabla anterior, los resultados de los indicadores de rentabilidad social desde un enfoque distributivo, fueron adecuados en términos de $VANS > 0$ y $TIRS > tsd$.

En la tabla 24 se puede apreciar que, bajo la perspectiva económica-social del Proyecto, se tiene una tasa interna de retorno social (TIRS) de 15,93%, la misma que es superior a la obtenida en la evaluación económica – social, mientras que el rendimiento promedio exigido a nivel de la sociedad en su conjunto (tasa social de descuento) es de 12%. Dando como resultado, un valor presente neto social (VANS) positivo y cuyo valor asciende a USD\$ 40,7 millones, cuyo valor es notoriamente superior al de la evaluación

económica - social. Lo cual corrobora que el Proyecto generará un impacto positivo en el excedente social.

Adicionalmente, se espera que la sociedad recupere la inversión realizada en un lapso de 4 años, sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, sin embargo, al considerar el valor del dinero a lo largo del tiempo el periodo de recuperación de la inversión será de 10 años, contados desde el funcionamiento del Proyecto.

Análisis de sensibilidad

En este apartado, el análisis de sensibilidad dio a conocer cuán sensibles son los resultados del Proyecto (en términos de VAN y TIR) a cambios en los valores de las diferentes variables. Debe señalarse que algunas de las variables de entrada que tienen un impacto significativo en el resultado financiero del Proyecto pueden tener un impacto mucho menor en la evaluación económica-social y viceversa.

Análisis de sensibilidad financiero

En este epígrafe se desarrolló un análisis de sensibilidad unidimensional y bidimensional de las variables financieras de evaluación del Proyecto, en el cual, se muestra la sensibilidad de las mismas sobre los indicadores de rentabilidad de la evaluación financiera (VAN y TIR en el caso unidimensional y únicamente VAN en el caso bidimensional).

Las variables consideradas en el análisis de sensibilidad unidimensional, sobre los flujos de evaluación financiera, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25 Variables del análisis de sensibilidad unidimensional.

Variable	Unidad de medida
Costo OyM	US\$/kW-año
Precio (> 15 años)	USD\$/MWh
Tasa de interés	%
Costo de inversión	USD\$

Elaboración: Propia

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad unidimensional son los siguientes:

Tabla 26 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del costo de O y M.

Entradas		Salidas			
Variación costo	Costo OYM	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-10%	\$ 27,71	\$ 9,4	14%	5,37%	3%
-5%	\$ 29,25	\$ 8,8	7%	5,30%	1%
0%	\$ 30,78	\$ 8,2	0%	5,23%	0%
5%	\$ 32,32	\$ 7,6	-7%	5,16%	-1%
10%	\$ 33,86	\$ 7,1	-14%	5,09%	-3%

Elaboración: Propia

Se puede apreciar que una variación del 5% al costo de operación y mantenimiento del proyecto modifica en 7% el resultado obtenido del VAN, mientras que, la misma variación del costo de operación y mantenimiento modifica en menor proporción a la TIR, respecto al escenario base.

Tabla 27 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del precio > 15 años.

Entradas		Salidas			
Variación precio	Precio	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-10%	\$44,77	\$ (1,2)	-114%	4,15%	-21%
-5%	\$47,25	\$ 3,5	-57%	4,69%	-10%
0%	\$49,74	\$ 8,2	0%	5,23%	0%
5%	\$52,23	\$ 3,0	57%	5,77%	10%
10%	\$54,71	\$ 17,7	114%	6,32%	21%

Elaboración: Propia

Se puede evidenciar en la tabla anterior que una variación del 5% al precio de venta, después de los primeros 15 años del funcionamiento del proyecto, modifica en 57% el resultado obtenido del VAN, mientras que, la misma variación del precio de venta de la energía modifica alrededor del 10% el resultado de la TIR, respecto al escenario base.

Adicionalmente, se puede constatar claramente que el precio de venta de energía es más sensible que el costo de operación y mantenimiento del Proyecto sobre los indicadores de rentabilidad.

Tabla 28 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del tasa de interés.

Entradas		Salidas			
Variación interés	Interés	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-1%	3,00%	\$ 26,0	215%	6,19%	18%
-0,5%	3,50%	\$ 16,6	102%	5,70%	9%
0%	4,00%	\$ 8,2	0%	5,23%	0%
+0,5%	4,50%	\$ 0,7	-92%	4,78%	-9%
+1%	5,00%	\$ (6,2)	-175%	4,35%	-17%

Elaboración: Propia

Se puede notar en la tabla anterior que una variación del 0,5% en la tasa de interés del escenario base altera el VAN en aproximadamente el 100% del mismo, mientras que, la misma variación de la tasa de interés modifica alrededor del 9% el resultado de la TIR, respecto al escenario base.

Dado la alta sensibilidad de la tasa de interés, respecto al VAN, es de esencial importancia de obtener la menor tasa de interés posible para la optimización de la rentabilidad del Proyecto.

Tabla 29 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del costo de inversión.

Entradas		Salidas			
Variación Costo I.	Costo I. (Millones USD\$)	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-5%	\$87,8	\$12,8	55%	5,84%	12%
-2,5%	\$90,1	\$10,5	27%	5,53%	6%
0%	\$92,4	\$8,2	0%	5,23%	0%
2,5%	\$94,7	\$6,0	-27%	4,95%	-5%
5%	\$97,0	\$3,7	-55%	4,69%	-10%

Elaboración: Propia

Al analizar la sensibilidad del costo de inversión, se evidencia, dados los resultados de la tabla anterior que, una variación del 5% al costo de inversión, cuyo rango incluye el costo de inversión a precios 2017, modifica

el VAN en aproximadamente 55%. Por otro lado, al analizar el resultado de la TIR se evidencia que la misma variación del costo de inversión modifica alrededor del 10% el resultado de la misma, respecto al escenario base.

El análisis unidimensional da como resultado que, en la evaluación financiera del Proyecto, las variables más sensibles con respecto a los indicadores de rentabilidad, son el precio de venta de energía después de los primeros años de funcionamiento de las centrales hidroeléctricas, y el costo de inversión. Mientras que, las variables relacionadas a las condiciones de financiamiento del Proyecto, la variable mayor sensibilidad es la tasa de interés.

Por otra parte, el análisis de sensibilidad bidimensional fue realizado utilizando las siguientes variables:

Tabla 30 Variables del análisis de sensibilidad bidimensional.

Variable	Unidad de medida
Tasa de interés - estructura de capital	%
Precio - costo	USD\$/MWh - US\$/kW-año

Elaboración: Propia

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad bidimensional son los siguientes:

Tabla 31 Resultados análisis sensibilidad bidimensional precio – costo, respecto al VAN.

		-5%	0%	5%	10%
	Precio	\$ 47,25	\$ 49,74	\$ 52,23	\$ 54,71
	Costo				
-5%	\$ 29,25	-50%	7%	64%	121%
0%	\$ 30,78	-57%	0%	57%	114%
5%	\$ 32,32	-64%	-7%	50%	107%
10%	\$ 33,86	-71%	-14%	43%	100%

Elaboración: Propia

Al analizar simultáneamente las variables de costo de operación y mantenimiento, y precio de venta de energía, se puede evidenciar que, dados los resultados de la tabla anterior, si el precio de venta de energía

disminuye en 5% y el costo de O y M aumenta en 10% el VAN disminuye en 71%, respecto al escenario base. Por otro lado, si se el precio aumenta en 10% y el costo de O y M disminuye en 5% el VAN aumenta 121%, consecuentemente, se corrobora los resultados del análisis de sensibilidad unidimensional.

Tabla 32 Resultados análisis sensibilidad bidimensional estructura de capital – tasa de interés, respecto al VAN.

D/C Interés	70,00%	75,00%	80,00%	82,97%	85,00%
3,00%	155%	178%	201%	215%	225%
3,50%	61%	76%	92%	102%	109%
4,00%	-26%	-16%	-6%	0%	4%
4,50%	-106%	-101%	-95%	-92%	-89%
5,00%	-180%	-178%	-176%	-175%	-174%

Elaboración: Propia

De igual manera, al analizar simultáneamente las variables estructura de capital y tasa de interés, los resultados guardan coherencia con la lógica de estructura de financiamiento, en el sentido de esperar VAN superiores con bajas tasas de interés.

Adicionalmente se puede evidenciar que, dados los resultados de la tabla anterior, la tasa de interés es la variable más sensible, respecto a las condiciones de financiamiento corroborando los resultados del análisis de sensibilidad unidimensional.

Análisis de sensibilidad económico-social

En este epígrafe, al igual que en análisis de sensibilidad financiero, se desarrolló un análisis de sensibilidad unidimensional y bidimensional de las variables económicas-sociales de evaluación del Proyecto, en el cual, se muestra la sensibilidad de las mismas sobre los indicadores de rentabilidad de la evaluación económico-social (VANE y TIRE en el caso unidimensional y únicamente VANE en el caso bidimensional).

Adicionalmente a las variables consideradas en el análisis de sensibilidad sobre los flujos de la evaluación financiera; para la evaluación económica social se ha incluido el análisis de sensibilidad respecto a los beneficios generados por el Proyecto.

Las variables consideradas en el análisis de sensibilidad unidimensional, sobre los flujos de evaluación económica-social, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 33 Variables del análisis de sensibilidad unidimensional.

Variable	Unidad de medida
Costo OyM	US\$/kW-año
Precio (> 15 años)	USD\$/MWh
Tasa de interés	%
Inundaciones	USD\$
Precio de importación diésel	USD\$/bbl
Agua potable	USD\$

Elaboración: Propia

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad unidimensional son los siguientes:

Tabla 34 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del costo de O y M.

Entradas		Salidas			
Variación costo	Costo OYM	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-10%	\$27,71	\$3,3	12%	12,34%	0,30%
-5%	\$29,25	\$3,1	6%	12,32%	0,15%
0%	\$30,78	\$2,9	0%	12,30%	0,00%
5%	\$32,32	\$2,7	-6%	12,29%	-0,15%
10%	\$33,86	\$2,5	-12%	12,27%	-0,30%

Elaboración: Propia

Se puede apreciar que una variación del 5% al costo de operación y mantenimiento del proyecto modifica en 6% el resultado obtenido del VANE, mientras que, la misma variación del costo de operación y mantenimiento modifica en menor proporción a la TIRE, respecto al escenario base. Cabe destacar que, bajo ninguna variación de las variables analizadas el Proyecto pierde su factibilidad económica.

Tabla 35 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del precio > 15 años.

Entradas		Salidas			
Variación precio	Precio	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-10%	\$44,77	\$(0,18)	-106%	11,98%	-2,63%
-5%	\$47,25	\$1,4	-53%	12,14%	-1,31%
0%	\$49,74	\$2,9	0%	12,30%	0,00%
5%	\$52,23	\$4,4	53%	12,46%	1,30%
10%	\$54,71	\$6,0	106%	12,62%	2,59%

Elaboración: Propia

Se puede evidenciar en la tabla anterior que una variación del 5% al precio de venta, después de los primeros 15 años del funcionamiento del proyecto, modifica en 53% el resultado obtenido del VANE, mientras que, la misma variación del precio de venta de la energía modifica alrededor del 1,3% el resultado de la TIRE, respecto al escenario base.

Al igual que en la evaluación financiera, se puede constatar claramente que el precio de venta de energía es más sensible que el costo de operación y mantenimiento del Proyecto sobre los indicadores de rentabilidad.

Tabla 36 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del tasa de interés.

Entradas		Salidas			
Variación interés	Interés	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-1%	3,00%	\$6,3	116%	12,66%	2,89%
-0,5%	3,50%	\$4,6	59%	12,48%	1,47%
0%	4,00%	\$2,9	0%	12,30%	0,00%
+0,5%	4,50%	\$1,1	-61%	12,12%	-1,52%
+1%	5,00%	\$(0,7)	-125%	11,92%	-3,08%

Elaboración: Propia

Se puede notar en la tabla anterior que una variación del 0,5% en la tasa de interés del escenario base altera el VANE en aproximadamente el 60% del mismo, mientras que, la misma variación de la tasa de interés modifica alrededor del 1% el resultado de la TIRE, respecto al escenario base.

Al igual que lo descrito en la evaluación financiera, se evidencia una alta sensibilidad de la tasa de interés, respecto al VANE, por lo tanto, se corrobora la importancia de obtener la menor tasa de interés posible para conseguir una óptima rentabilidad económica-social del Proyecto.

El análisis unidimensional da como resultado que, en la evaluación económica-social del Proyecto, la variable más sensible, respecto a los indicadores de rentabilidad, es la tasa de interés.

Tabla 37 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del beneficio por control de inundaciones.

Entradas		Salidas			
Variación	Beneficio Inundaciones	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-10%	\$47.917,57	\$2,9	-1,1%	12,30%	-0,03%
-5%	\$50.579,66	\$2,8	-0,5%	12,30%	-0,01%
0%	\$53.241,74	\$2,9	0,0%	12,30%	0,00%
5%	\$55.903,83	\$2,9	0,5%	12,31%	0,01%
10%	\$58.565,92	\$2,9	1,1%	12,31%	0,03%

Elaboración: Propia

Se puede notar en la tabla anterior que una variación del 5% en el beneficio, de reducción del costo asociado a inundaciones de la cuenca del río Yanuncay, altera el VANE en aproximadamente el 0,5% del mismo, mientras que, la misma variación del beneficio asociado al control de inundaciones, modifica alrededor del 0,01% el resultado de la TIRE, respecto al escenario base.

Cabe recalcar que la variación del valor monetario de este beneficio, en el rango del -10% al 10%, es mínima frente a la tasa de descuento del 12% de la evaluación económica social.

Tabla 38 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del precio de importación del diésel.

Entradas		Salidas			
Variación precio	Precio de importación	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-15%	\$71,80	\$ (12,9)	-544%	10,60%	-14%
-7,5%	\$78,13	\$ (5,0)	-272%	11,47%	-7%
0%	\$84,47	\$ 2,9	0%	12,30%	0%
7,5%	\$90,81	\$ 10,8	272%	13,11%	7%
15%	\$97,14	\$ 18,7	544%	13,89%	13%

Elaboración: Propia

Los resultados muestran que un aumento del precio de importación de 7,5% provoca que el VANE aumente en aproximadamente el 272%, mientras que, la misma variación del precio de importación, modifica alrededor del 7% el resultado de la TIRE, con respecto al escenario base.

Un incremento del precio de importación del diésel, aumenta el beneficio económico-social, desde la perspectiva del proyecto. Sin embargo, dicho incremento implicaría un mayor subsidio del diésel para la venta interna, debido a que, el precio de venta interna es un valor fijo en los últimos 12 años, según Informe de PETROECUADOR (2018).

Tabla 39 Resultados análisis sensibilidad unidimensional del beneficio por agua potable.

Entradas		Salidas			
Variación	Beneficio Agua potable	VAN (Millones USD\$)	Variación VAN	TIR	Variación TIR
-10%	\$27,96	\$2,3	-21%	12,24%	-0,50%
-5%	\$29,52	\$2,6	-10%	12,27%	-0,25%
0%	\$31,07	\$2,9	0%	12,30%	0,00%
5%	\$32,62	\$3,2	10%	12,33%	0,25%
10%	\$34,18	\$3,5	21%	12,37%	0,50%

Elaboración: Propia

En este caso la variable sobre la cual se efectuó el análisis de sensibilidad fue el beneficio mensual por vivienda, de la población afectada, información proporcionada por ETAPA del Proyecto Sustag.

De acuerdo a la tabla anterior se evidencia que, una variación del 5% en el beneficio, anteriormente descrito, modifica el VANE en aproximadamente el 10%; mientras que, una variación de igual magnitud en dicho beneficio, modifica en alrededor de 0,25% el resultado de la TIRE, respecto al escenario base.

Por otra parte, el análisis de sensibilidad bidimensional fue realizado utilizando las siguientes variables:

Tabla 40 Variables del análisis de sensibilidad bidimensional.

Variable	Unidad de medida
Precio - costo	USD\$/MWh - US\$/kW-año
Beneficio reducción - emisión	USD\$/ton CO ₂

Elaboración: Propia

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad bidimensional son los siguientes:

Tabla 41 Resultados análisis sensibilidad bidimensional precio – costo, respecto al VANE.

		-5%	0%	5%	10%
	Precio	\$ 47,25	\$ 49,74	\$ 52,23	\$ 54,71
	Costo				
-5%	\$ 29,25	-47,02%	6,18%	59,38%	112,59%
0%	\$ 30,78	-53,20%	0,00%	53,20%	106,40%
5%	\$ 32,32	-59,38%	-6,18%	47,02%	100,22%
10%	\$ 33,86	-65,56%	-12,36%	40,84%	94,04%

Elaboración: Propia

Al analizar simultáneamente las variables de costo de operación y mantenimiento; y precio de venta de energía, a precios de eficiencia, se puede evidenciar que, dados los resultados de la tabla anterior, si el precio de venta de energía disminuye en 5% y el costo de O y M aumenta en 10% el VAN disminuye 66%, respecto al escenario base. Por otro lado, si se el precio aumenta en 10% y el costo de O y M disminuye en 5% el VANE aumenta en 113%.

Tabla 42 Resultados análisis sensibilidad bidimensional beneficio reducción – emisión CO₂, respecto al VANE.

Emisión CH₄				
Reducción CO₂	\$226,10	\$238,00	\$249,90	\$261,80
\$0,20	-0,36%	-0,36%	-0,37%	-0,38%
\$0,22	0,01%	0,00%	-0,01%	-0,02%
\$0,24	0,37%	0,36%	0,36%	0,35%
\$0,27	0,74%	0,73%	0,72%	0,71%

Elaboración: Propia

Por otra parte, al analizar simultáneamente el beneficio-costos de la reducción y emisión de gases de efecto invernadero, los resultados obtenidos en este análisis muestran que, si el precio de venta de CER's disminuye en 5% y el costo de emisión de CH₄ aumenta en 10% el VAN disminuye 0,38%, respecto al escenario base. Por otro lado, si se el precio de CER's aumenta en 10% y el costo de emisión de CH₄ disminuye en 5% el VANE aumenta en 0,74%. Se puede concluir que estos beneficios resultan marginales para la estimación del valor actual neto económico (VANE), debido a que, la reducción de emisión de CO₂ tiene un efecto positivo sobre los indicadores de rentabilidad económico-social del proyecto, pero a su vez, la emisión de CH₄ impacta negativamente dichos indicadores.

Análisis de sensibilidad mediante escenarios

Análisis de escenarios financieros

Un análisis de escenarios cambia simultáneamente dos o más variables para determinar el efecto conjunto o combinado. Reconociendo que estas interrelaciones deben ser alteradas de manera consistente al mismo tiempo.

Variables del análisis

Se identificaron los conjuntos de variables clave, generalmente basados en las principales fuentes de incertidumbre, que puedan determinar el éxito o el fracaso del Proyecto. Se definieron tres escenarios: pesimista, optimista y el escenario esperado (base). En la siguiente tabla se muestra las variables

utilizadas para el análisis, además, de los valores asumidos para cada escenario.

Tabla 43 Datos Escenarios.

Variable	Optimista	Base	Pesimista	Variación
Inversión (millones USD\$)	87,8	92,4	97,0	+/- 5%
Costo de O y M (US\$/kW-año)	27,71	30,78	33,86	+/- 10%
Precio > 15 años (US\$/MWh)	54,74	49,74	44,74	+/- \$ 5
Nivel de Deuda (%)	85%	82,9%	75%	%
Tasa de interés (%)	3,50%	4,00%	4,50%	+/- 0,5%

Elaboración: Propia

Los valores de cada una de las variables del análisis financiero se ajustaron para ser consistentes con cada escenario. Como se puede apreciar en la tabla anterior, el escenario optimista y el escenario pesimista fueron contruidos a partir del escenario base, utilizando la información de la columna variación.

Resultados preliminares del análisis determinístico financiero

El análisis de escenarios financieros se los desarrolló sobre los indicadores de rentabilidad de la evaluación financiera, principalmente el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y los periodos de recuperación con y sin descuento.

Utilizando los datos de la tabla 43, se obtuvo los siguientes resultados del proyecto para cada escenario.

Tabla 44 Resultados análisis de escenarios.

Indicadores	Optimista	Base	Pesimista
VAN	\$ 33.342.331,79	\$ 8.244.362,67	\$ (13.224.290,28)
TIR	7,87%	5,23%	3,36%
PR C/D	22,4	37,1	>50
PR S/D	18,6	23,4	28,5

Elaboración: Propia

Los resultados muestran que, al modificarse simultáneamente las cinco variables analizadas, con los valores predeterminados previamente, en el peor de los casos el proyecto experimentará un valor actual neto negativo ($VAN = \$ (13.224.290,28)$), mientras que, en el mejor de los casos se podrá obtener un valor actual neto muy superior al escenario base ($VAN = \$ 33.342.331,79$).

Dado lo anterior, la tasa interna de retorno disminuirá a 3,36% en el escenario pesimista y aumentará a 7,78% en el escenario optimista. Por ende, el tiempo de recuperación de la inversión inicial en el escenario pesimista aumentará, mientras que, en el escenario optimista disminuirá, como se puede apreciar en la tabla 44.

Análisis de escenarios económico-social

De igual manera, que en el análisis de escenarios financiero se va realizar la interacción simultáneamente de varias variables, en este caso a precios de eficiencia, para determinar el efecto conjunto o combinado de las mismas sobre los indicadores de rentabilidad.

Variables del análisis

Por otra parte, al analizar las variables en su conjunto se identificaron variables clave. Por lo que, se definieron tres escenarios: pesimista, optimista y el escenario esperado (base). En la siguiente tabla se muestra las variables utilizadas para el análisis-social, además, de los valores asumidos para cada escenario.

Tabla 45 Escenarios económicos.

Variable	Optimista	Base	Pesimista	Variación
Costo de O y M (US\$/kW-año)	27,71	30,78	33,86	+/- 10%
Precio > 15 años (US\$/MWh)	54,74	49,74	44,74	+/- USD\$ 5
Nivel de Deuda (%)	85%	82,9%	75%	%
Tasa de interés (%)	3,50%	4,00%	4,50%	+/- 0,5%
Beneficio por control de inundaciones (USD\$)	55.903	53.241	50.579	+/- 5%
Precio venta del CER (USD\$)	0,24	0,22	0,20	+/- 10%

Costo de emisión CH ₄ (USD\$)	261,80	238,00	214,20	+/- 10%
Beneficio por disponibilidad de agua (USD\$)	32,62	31,07	29,52	+/- 5%

Elaboración: Propia

Los valores de cada una de las variables del análisis económico-social se ajustaron para ser consistentes con cada escenario. Como se puede apreciar en la tabla anterior, los escenarios optimista y pesimista fueron contruidos a partir del escenario base, utilizando la información de la columna variación.

Resultados preliminares del análisis determinístico económico-social

El análisis de escenarios financieros se los desarrolló sobre los indicadores de rentabilidad de la evaluación económico-social, principalmente el valor actual neto económico (VANE), la tasa interna de retorno económica (TIRE) y los periodos de recuperación con y sin descuento.

Utilizando los datos de la tabla 43, se obtuvo los siguientes resultados del proyecto para cada escenario.

Tabla 46 Resultados análisis de escenarios.

Indicadores	Optimista	Base	Pesimista
VANE	\$ 8.136.243,85	\$ 2.897.277,54	\$ (1.347.317,48)
TIRE	12,85%	12,30%	11,86%
PRE C/D	21,7	29,9	>50
PRE S/D	5,7	6,1	6,4

Elaboración: Propia

Los resultados muestran que, al modificarse simultáneamente las ocho variables analizadas, con los valores predeterminados previamente, en el peor de los casos el proyecto experimentará un valor actual neto negativo (VAN= \$ (1.347.317,48)), mientras que, en el mejor de los casos se podrá obtener un valor actual neto muy superior al escenario base (VAN=\$ 8.136.243,85).

Dado lo anterior, la tasa interna de retorno disminuirá a 11,86% en el escenario pesimista y aumentará a 12,85% en el escenario optimista. Por ende, el tiempo de recuperación de la inversión inicial en el escenario pesimista aumentará, mientras que, en el escenario optimista disminuirá, como se puede apreciar en la tabla anterior.

Análisis de riesgo financiero

Un análisis cuantitativo de riesgo es un análisis adicional a la evaluación financiera tradicional, durante el cual se asigna una calificación numérica o cuantitativa para desarrollar un análisis probabilístico del riesgo del proyecto.

Análisis probabilístico: Simulación de Monte Carlo

El análisis de simulación de Monte Carlo, realizado en este apartado, proporciona un método sistemático para cambiar el valor de los parámetros de entrada inciertos, de las diferentes variables analizadas, para probar su impacto en la estimación del flujo neto financiero, lo cual, servirá para proporcionar información adicional a los responsables, del Proyecto Soldados-Yanuncay, para la toma de decisiones sobre la probabilidad de ocurrencia de diferentes resultados.

Debido a que, la simulación generada por la técnica de Monte Carlo crea múltiples versiones del futuro del Proyecto basadas en lo que se considera posible que suceda al estudiar y definir la variabilidad esperada de los parámetros de entrada utilizados en el modelo financiero proyectado, por lo tanto, fue necesario expresar la incertidumbre de las variables de entrada como distribuciones de probabilidad, siguiendo lo descrito en la metodología de este trabajo de investigación, y luego a través del uso del software @Risk® se seleccionó aleatoriamente, de acuerdo con sus probabilidades específicas, valores que se insertan en la tabla de parámetros del modelo de flujo de efectivo financiero, con la finalidad de generar una serie de posibles resultados del proyecto.

Variables de riesgo

Las variables relevantes para realizar el análisis de riesgo probabilístico, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad previamente realizado, se muestran en la siguiente tabla, con su respectiva distribución de probabilidad.

Tabla 47 Resultados análisis de escenarios.

Variable	Unidad de medida	Distribución de probabilidad
Inversión	USD\$	PERT
Costo de O y M	US\$/kW-año	Normal
Precio (> 15 años)	US\$/MWh	Triangular
Tasa de interés	%	Triangular

Elaboración: Propia

Dada la naturaleza de la variable Inversión, se ha optado por la distribución PERT (también conocida como BETA), puesto que la misma es más realista y precisa que un modelo de distribución triangular. Por otra parte, dado que la tasa de interés, es una variable fijada mediante negociación, entre la Empresa y un ente financiero, y las condiciones de financiamiento propias para este tipo de proyecto; el rango de esta variable es fijo, por lo tanto, la distribución de probabilidad adecuada es una triangular.

No obstante, dado que el Precio ordinario de venta de la energía, el cual se obtiene como el promedio de los contratos vigentes de las centrales hidroeléctricas que se encuentren en operación, según información proporcionada por CENTROSUR (2018), posee un valor mínimo de USD\$ 45,95 por MWh. Dada esta premisa, la distribución utilizada para esta variable dentro de la simulación es una triangular.

Finalmente, para el caso de la variable Costo de operación y mantenimiento se ha considerado modelar como una distribución de probabilidad normal, dado que, esta variable está compuesta por un componente fijo y uno variable, los mismos que se encuentran ligados al monto de inversión inicial y nivel de producción. Consecuentemente, a partir de un análisis estadístico preliminar de esta variable, se obtuvo una desviación estándar de 2,013.

Criterios de decisión

Regla de decisión 1: si toda la distribución de probabilidad acumulada se encuentra a la derecha de la marca de "corte" cero, entonces el VAN tiene 0% de probabilidad de ser negativo. Por lo tanto, se debe aceptar el proyecto.

Regla de decisión 2: si toda la distribución de probabilidad acumulativa se encuentra a la izquierda de la marca de "corte" cero, entonces el VAN no tiene ninguna posibilidad de ser positivo. Por lo tanto, se debe rechazar el proyecto.

Regla de decisión 3: si la distribución de probabilidad acumulativa cruza la marca de "corte" cero, existe un riesgo de tener un VAN negativo que se debe ponderar frente a la probabilidad de obtener un retorno positivo. La decisión de inversión es indeterminada a través de criterios puramente objetivos. Realmente se basa en el perfil de riesgo del inversor. El costo de cometer un error acerca de si aprobar un proyecto, medido por la ganancia esperada y la pérdida esperada, y la magnitud de la probabilidad de un VAN negativo son factores que deben tenerse en cuenta al tomar esta decisión.

Proceso de simulación de Monte Carlo

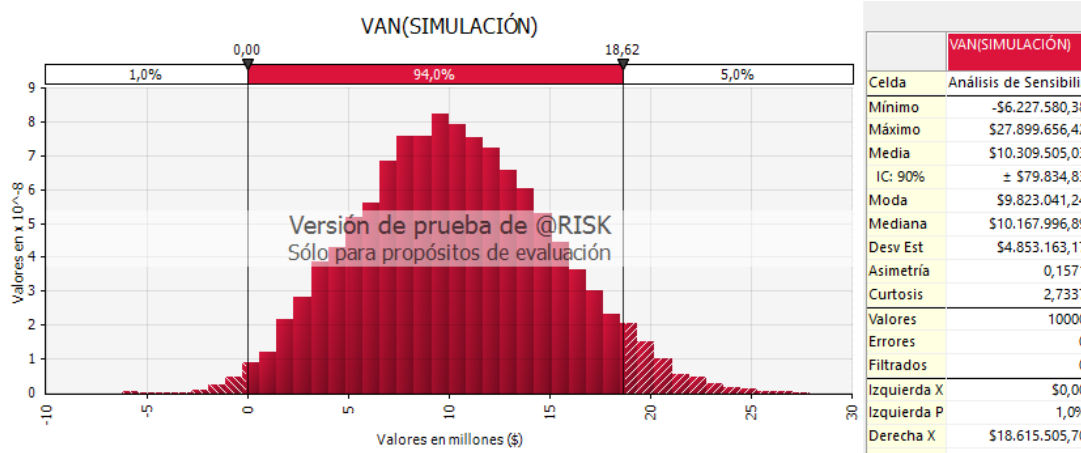
El proceso se realizó mediante una simulación de 10.000 repeticiones para que se produzcan varias distribuciones de probabilidad⁷ estadísticas de los resultados del Proyecto, en lo concerniente a los indicadores de rentabilidad VAN y TIR, lo cual refleja la variabilidad del proyecto y presenta la imagen más amplia del riesgo esperado y el retorno a la Empresa y otras partes interesadas en el Proyecto.

Resultados preliminares del análisis probabilístico

En este apartado se presenta los principales resultados obtenidos del análisis de riesgo efectuado al Proyecto Soldados-Yanuncay.

⁷ Ver Anexo 10 al 13.

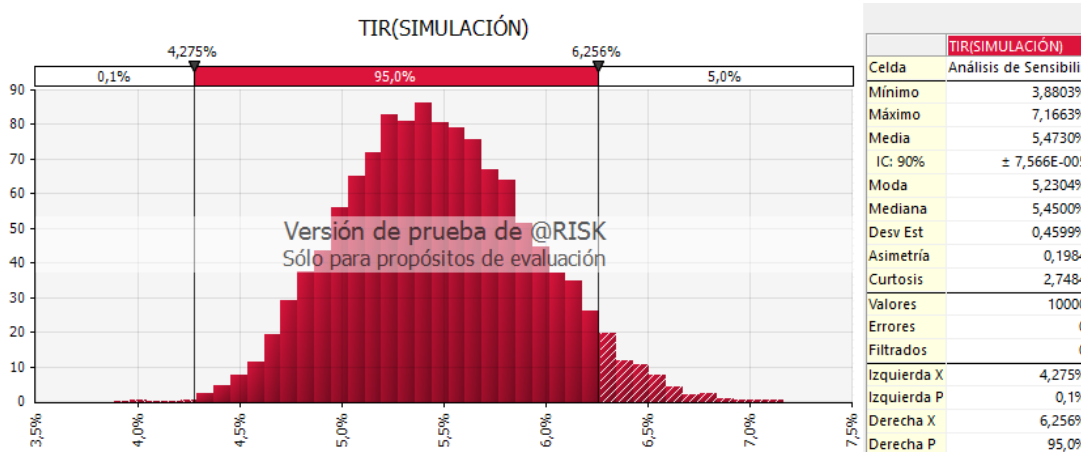
Gráfica 6 Salida simulación VAN.



Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, la probabilidad de que el VAN sea menor o igual que cero es del 1%. Esto indica que, en uno de cada 100 escenarios posibles, el VAN será negativo. Adicionalmente, se puede apreciar que el VAN máximo posible es de USD\$ 27,9 millones, mientras que, el mínimo será de USD\$ (6,2) millones.

Gráfica 7 Salida simulación TIR.

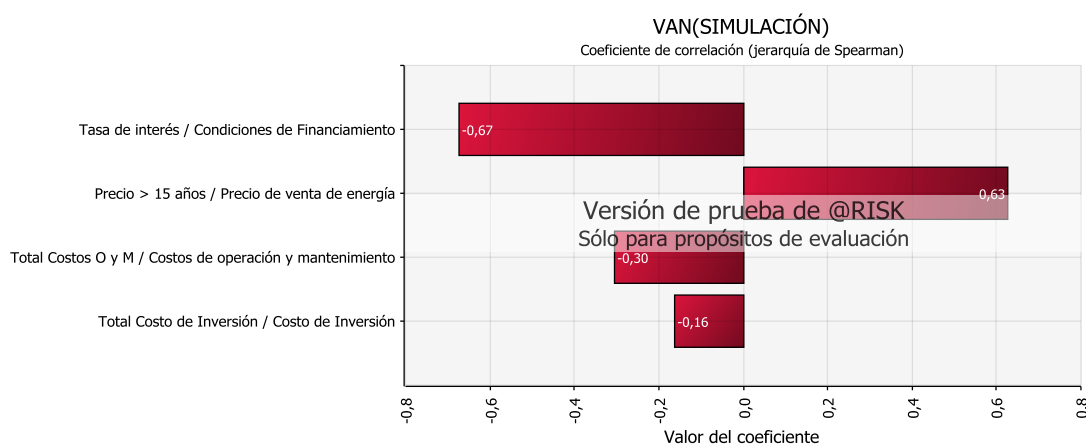


Elaboración: Propia

De igual manera, como se puede apreciar en el gráfico anterior, la probabilidad de que la TIR sea menor o igual que la tasa de descuento

(4,28%) es del 0,1%. Igualmente, se puede apreciar que la TIR máxima posible es de 7,17% mientras que, la mínima será de 3,88%.

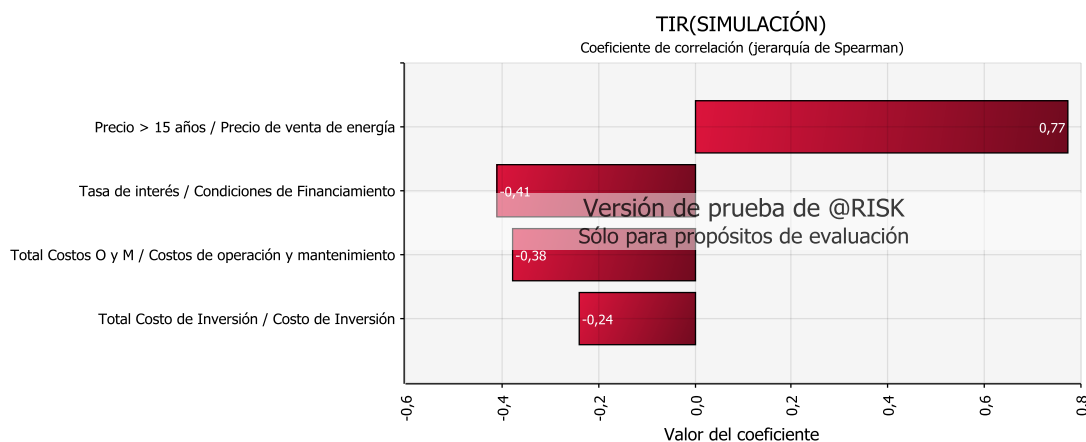
Gráfica 8 Coeficientes de correlación del VAN.



Elaboración: Propia

El gráfico de Coeficientes de correlación indica el grado en el que las variables de entrada están correlacionadas con el VAN y TIR. Como se puede apreciar en el gráfico anterior la variable de mayor peso sobre el VAN es la tasa de interés (con una correlación negativa) y, por el contrario, la variable de menor peso es el costo total de inversión, respecto al VAN.

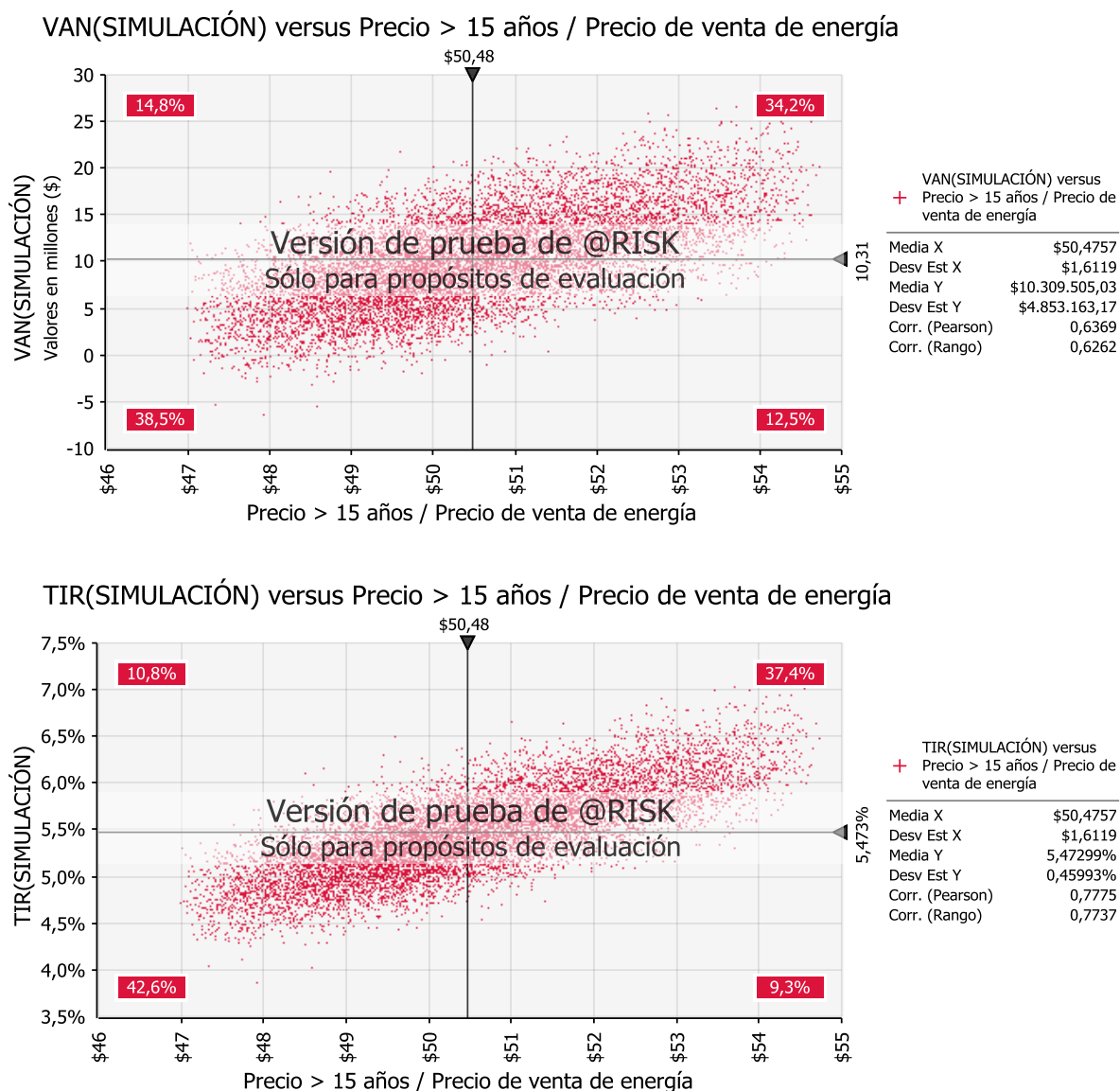
Gráfica 9 Coeficientes de correlación del TIR.



Elaboración: Propia

Por otro lado, se evidencia en el gráfico anterior la variable de mayor peso sobre la TIR es el precio de venta (con una correlación positiva) y, por el contrario, la variable de menor peso es el costo total de inversión, respecto a la TIR.

Gráfica 10 Correlación precio de venta sobre VAN y TIR.

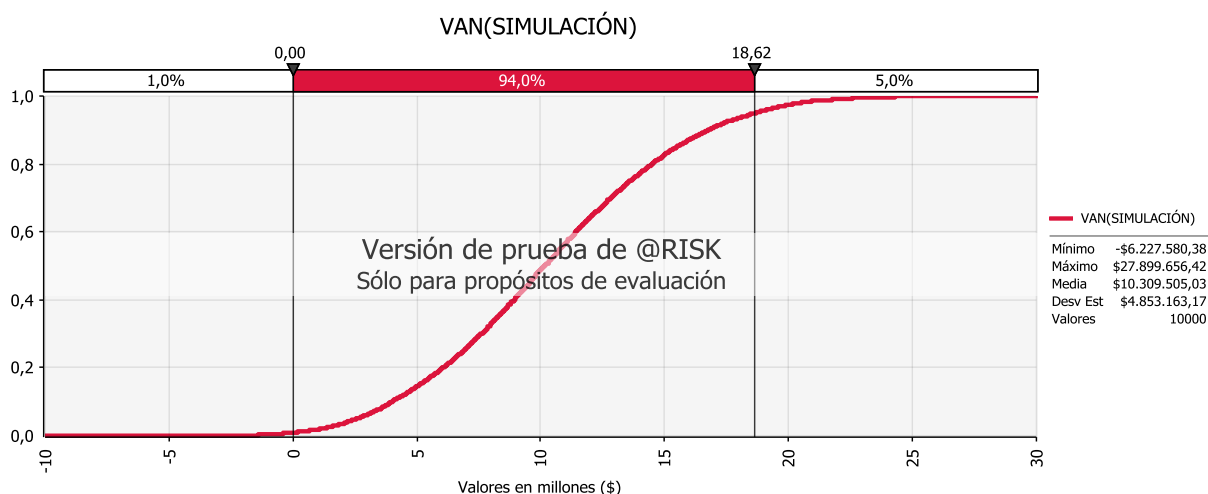


Elaboración: Propia

Entonces, al analizar la variable de entrada precio, la cual es la que posee mayor incidencia sobre la TIR y el VAN (en correlación positiva), se puede notar en la gráfica anterior que la clara formación de la elipse con 10.000

datos, provoca una relación directa, lineal e incremental, lo cual indica la alta correlación entre la variable Precio de venta y el VAN y la TIR.

Gráfica 11 Salida distribución de probabilidad acumulada del VAN.



Elaboración: Propia

Finalmente, el gráfico de probabilidad acumulada ascendente, indica claramente la alta rentabilidad del Proyecto, puesto que, la probabilidad de que el VAN sea menor a cero es de 1%, lo cual, ante una tolerancia al riesgo del 5% y el criterio de decisión 3; este Proyecto será aceptado, dado que el riesgo del Proyecto es menor, respecto al nivel de riesgo de tolerancia por parte de la Empresa ELECAUSTRO S.A.

9. Resultados

En este capítulo se sintetizan los principales hallazgos y resultados obtenidos a partir del trabajo investigativo realizado, resaltando aquellos que poseen mayor trascendencia en el marco de los objetivos planteados en la presente investigación.

Dentro la evaluación financiera del Proyecto se obtuvo que, los indicadores de rentabilidad analizados: valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), y periodo de recuperación (PAYBACK) con y sin descuento, mostraron

resultados favorables en términos de VAN positivo y TIR superior a la tasa de descuento aplicada en la evolución.

De igual manera, desde la perspectiva económica-social del proyecto, una vez que se han convertido todos los valores a precios de eficiencia, la evaluación realizada mostró indicadores de rentabilidad positivos en términos de valor actual neto económico mayor a cero, y tasa interna de retorno económica superior a la tasa social de descuento.

Por lo expuesto anteriormente, se justifica la implementación del proyecto, desde una perspectiva financiera, económica y social.

Adicionalmente, dentro del análisis de sensibilidad efectuado, cabe destacar que, desde el punto de vista de la evaluación financiera, los parámetros más sensibles resultaron ser la tasa de interés y el precio de venta ordinario. Por otra parte, desde el punto de vista de la evaluación económico-social, la variable de mayor sensibilidad resultó ser el precio de importación del diésel.

Estos hallazgos son consistentes con los resultados presentados en los análisis de escenarios respectivos, además, con estos análisis se brinda los rangos de variabilidad⁸ de cada una de las variables analizadas, dentro de los cuales, resulta viable la implantación del proyecto.

Finalmente, el análisis de riesgo evidenció la robustez de los resultados obtenidos en la evaluación financiera realizada y la viabilidad del Proyecto, resultando que tan solo en un caso, de cada cien posibles, existe la probabilidad de obtener indicadores financieros, en términos de VAN y TIR, no rentables para el Proyecto; corroborando de este modo la factibilidad de ejecución y puesta en operación del mismo.

⁸ Ver Anexo 14

10. Conclusiones, Recomendaciones y Limitaciones

El análisis de viabilidad del Proyecto de Uso Múltiple Soldados-Yanuncay se confirmó al calcular la Tasa Interna de Retorno y el Valor Presente Neto de los flujos de caja del Proyecto, no solo desde el punto de vista financiero, sino también se corroboró la viabilidad del proyecto desde la perspectiva a nivel país mediante la evaluación económica - social.

Los resultados encontrados en la evaluación financiera no solo confirman la viabilidad del Proyecto, sino que, además, el desarrollo del mismo también causará externalidades positivas considerables en las parroquias Baños y San Joaquín, teniendo resultados relevantes no solo en relación con el medio ambiente, que se ve directamente beneficiado por la implementación del Proyecto, sino también, por los beneficios generados para la población local.

Desde el punto de vista de la evaluación financiera, los parámetros más sensibles son la tasa de interés y el precio de venta de energía después de los primeros 15 años, en ese orden. Mientras que, desde el punto de vista de la evaluación económica - social, los parámetros más sensibles son el beneficio por ahorro fiscal y el precio de venta de energía después de los 15 años, en ese orden.

Los resultados obtenidos en este trabajo, adicionalmente, indican que probabilidad de obtener un VAN menor o igual a cero y una TIR menor o igual a la tasa de descuento es ínfima.

En conclusión, la implementación del proyecto de Uso Múltiple Soldados – Yanuncay se justifica económica, social y financieramente. Además, el Proyecto tiene evidentes ventajas que argumentan su priorización frente a otros proyectos hidroeléctricos posibles. Al ser un proyecto hidroeléctrico pequeño, asume un menor coste de inversión y un menor plazo de maduración, lo cual implica una significativa ventaja frente a proyectos hidroeléctricos de gran escala, y con un mayor nivel riesgo.

A tenor de los resultados expuestos se recomienda la inversión en el Proyecto Soldados-Yanuncay. Mientras que, desde un punto de vista académico, se recomienda una mayor profundización en aspectos de índole estocástica en el comportamiento de variables relevantes para los indicadores financieros analizados.

Las principales limitaciones con las que se tuvo que hacer frente, en primer lugar, fue la imposibilidad metodológica de levantamiento de información primaria a partir de la población beneficiaria de las externalidades del proyecto, por los motivos expuestos en el epígrafe correspondiente en este trabajo. No obstante, no constituyó impedimento alguno para la cuantificación del conjunto de beneficios en mención. En segundo lugar, se presentó la imposibilidad de adquirir la licencia del software de análisis de riesgo @Risk® por el elevado costo de la licencia, motivo por el cual, el análisis de riesgo se lo realizó con la versión de prueba del software antes mencionado.

11. Bibliografía

- ARCONEL, A. d. (2013). *CODIFICACIÓN REGULACIÓN No. CONELEC – 001/13*. Quito: ARCONEL. Obtenido de http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Codificaci%C3%B3n-Regulacion-001_13-Energias-Renovables_.pdf
- Banco de Desarrollo del Ecuador. (2018). *Relaciones precio cuenta*. Cuenca: BDE.
- Banco Mundial. (2018). *Índice de Gini*. New York: DataBank. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI?end=2016&locations=EC&start=1987&view=chart>
- Barrientos Marín, J., & Villada Duque, F. (Agosto de 2017). Cálculo de un WACC diferenciado por región para proyectos de generación de electricidad con fuentes renovables en Colombia. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Obtenido de http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/8183/1/BarrientosJorge_2017_ProyectosElectricidadRenovables%20%20
- BCE . (Abril de 2018). *Banco Central del Ecuador*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/312-cifras-econ%C3%B3micas-del-ecuador>
- Benavides Lara, A. (Agosto de 2005). Análisis y Manejo de Riesgos en Proyectos Constructivos: Caso de Estudio Proyecto Hidroeléctico Peñas Blancas. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Bhatia, R., Malik, R., & Bhatia, M. (2016). Direct and indirect economic impacts of the Bhakra multipurpose dam. *Wiley*.
- Biswas, S. (2015). Multipurpose Projects Serve as a Flood Controller-Is this the Reality A Study of DVC Projects of the Damodar River of West Bengal. *Journal of Environment and Earth Science*, 70-79.
- Bonnet, M., Witt, A., Stewart, K., Hadjerioua, B., & Mobley, M. (2015). The Economic Benefits of Multipurpose Reservoirs in the United States-Federal Hydropower Fleet. United States: OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY. Obtenido de https://hydrowise.ornl.gov/sites/default/files/2017-06/The_Economic_Benefits_of_Multipurpose_Reservoirs_in_the_United.pdf
- Brennan, M. (1989). Capital Asset Pricing Model. *The New Palgrave*, 91-102. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-20213-3_9#citeas

- CENACE. (2017). *Informe Anual 2017*. Quito: Operador Nacional de Electricidad (CENACE).
- CENTROSUR. (2018). *Precio de Compra de Energía*. Cuenca: Empresa Eléctrica Regional CentroSur.
- Cubbage, F., Davis, R., Frey, G., & Behr, D. C. (2013). Financial and Economic Evaluation Guidelines for Community Forestry Projects in Latin America. *PROFOR*.
- Damodaran, A. (2007). Corporate Finance and Valuation. United States of America: New York University. Obtenido de <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/valrisk/ch6.pdf>
- Damodaran, A. (Enero de 2018). *Betas by Sector*. Obtenido de http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- Dirección de Gestión de Riesgos de la Ilustre Municipalidad de Cuenca. (2018). *Oficio DGR-0441-2018*. Cuenca: GAD Cuenca.
- Dirección de Obras Públicas de la Ilustre Municipalidad de Cuenca. (2018). *Estructura de costos de prevención, respuesta y mitigación con respecto a inundaciones*. Cuenca: GAD Cuenca.
- Dossantos, M., Rosa, L., Sikar, B., Sikar, E., & DosSantos, E. (2006). Gross greenhouse gas fluxes from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants. *ELSEVIER*, 481- 488. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.06.015>
- Dumrauf, G. L. (2010). *Finanzas corporativas: un enfoque latinoamericano*. Colombia, Colombia: Alfaomega.
- ELECAUSTRO. (2013). *TOMO 10 PRESUPUESTO GENERAL*. Cuenca: CESEL INGENIEROS.
- ELECAUSTRO. (2017). *MEMORIA DESCRIPTIVA SOLDADOS YANUNCAY*. Cuenca: ELECAUSTRO.
- ENINGHUR. (2012). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos y Rurales*. Quito: INEC. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-nacional-de-ingresos-y-gastos-de-los-hogares-urbanos-y-rurales/>
- ETAPA E.P. (2018). *Oficio Nro. O-2018-0489-GG*. Cuenca: Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
- ETAPA E.P. (2018). *Oficio Nro. O-2018-1195-GG*. Cuenca: Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

- European Commission. (2014). *Guide to Costo - Benefit Analysis of Investment Projects 2014 - 2020*. Belgium: Elemental Chlorine (ECF).
Obtenido de http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf
- Fontaine, E. (2008). *Evaluación social de proyectos*. Naucalpan de Juárez: Pearson Education.
- Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., & Varfalvy, L. (2006). Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (). *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, 550-589.
- Gupta, A. (2001). *Risk Management and Financial Engineering*. Cleveland, United States of America: Case Western Reserve University. Obtenido de <https://faculty.weatherhead.case.edu/gupta/Lect6.pdf>
- Hadjerioua, B., Witt, A., Bonnet, M., Stewart, K., & Mobley, M. (2015). Economic Benefits of Multipurpose Hydropower Reservoirs. *Oak Ridge, TN, USA 37831*, 37-83. Obtenido de https://www.ieahydro.org/media/65043df2/HYDRO2015MultipurposeReservoirs_Paper_14August2015.pdf
- Hamadé, F. (2015). Cost benefit analysis of the Sambangalou hydropower dam on the Gambia river. Francia: Environmental Economics .
- IEA, I. E. (2010). *Energy Technology Perspectives 2010, Scenarios & Strategies to 2050*. Paris: OECD. Obtenido de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf>
- Ihum, J. T. (2017). Kashimbilla Multipurpose Dam Project in Nigeria: A Cost-Benefit Analysis. Nigeria: Researchgate.org. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319317590_Kashimbilla_Multipurpose_Dam_Project_in_Nigeria_A_Cost-Benefit_Analysis
- INEC. (Mayo de 2016). *ÍNDICE DE PRECIOS DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS : <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/uploads/2016/10/Metodolog%C3%ADa-del-IPCO.pdf>
- INEC. (Enero de 2018). *ECUADOR EN CIFRAS*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/indice-de-precios-de-la-construccion/>
- Investing. (Marzo de 2018). *Investing*. Obtenido de <https://es.investing.com/rates-bonds/u.s.-30-year-bond-yield>

- IPCC. (2007). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Tokio: IGES. Obtenido de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Jenkins, G., Kuo, C.-Y., & Harberger, A. (2011). COST-BENEFIT ANALYSIS FOR INVESTMENT DECISIONS. 273-428. Obtenido de https://www.agrilinks.org/sites/default/files/resource/files/cost-benefit_analysis_for_investment_decisions.pdf
- Kjærland, F. (2007). A real option analysis of investments in hydropower—The case of Norway. *Energy Policy*, 35, 5901-5908. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507003138>
- Marom, S. (2010). Project Risk Management y la aplicación de Monte Carlo. *Quantmleap*.
- Martínez, G., Rubio, M., Alegre, J., Ordoñez, X., & Oliver, J. (2005). Viabilidad de proyectos de minicentrales hidroeléctricas. Enfoque con Análsis de Riesgos. *Ingeniería Hidráulica en México*, XX(1), 5-18.
- MDS, M. d. (2013). *METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS CON FINES MÚLTIPLES*. Santiago de Chile: Gobierno de Chile. Obtenido de https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/8/52958/18_2Embalses_Obras_Hidraulicasv2.pdf
- PETROECUADOR. (2018). *Informe Estadístico PETROECUADOR Marzo 2018*. Quito: Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador.
- Pizzimenti, J., Olsen, D., & Wilson, A. (2010). Quantifying the Non-Energy Benefits of Hydropower. *GEI Consultants*, Ceati Report No - T082700-0363.
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Bogota: McGraw - Hill.
- Secretaría de Gestión de Riesgos Zonal 6. (2018). *Informe de amenazas por inundaciones del cantón Cuenca*. Cuenca: Departamento técnico de la SGR.
- SENDECO. (2018). *Sistema de negociación de CO2*. Madrid: IETA.
- UNFCCC, U. N. (2018). *ACM0002: Grid-connected electricity generation from renewable sources - Version 18.1*. New York: United Nations. Obtenido de <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/5725LCHYPYM4I1V8OD9SFYVAMFFWNP>

12. Anexos

Anexo 1 Costo de inversión 2013

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	QUINGOYACU (USD)	CH SOLDADOS (USD)	CH YANUNCAY (USD)	TOTAL (USD)
1	OBRAS CIVILES	12.234.909,37	10.107.389,13	24.535.819,50	46.878.118,00
2	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (¹)	925.425,77	834.395,86	1.089.251,16	2.849.072,79
2,01	Plan de Manejo Ambiental H	803.469,92	651.462,10	716.608,31	2.171.540,33
2,02	Plan de Manejo Ambiental LLTT	121.955,84	182.933,77	372.642,86	677.532,47
3	SUMINISTRO DE TUBERÍAS Y EQUIPOS	1.588.148,20	7.187.828,31	10.357.923,71	19.133.900,22
3,01	Suministro de Tuberías	0,00	2.847.450,26	2.151.445,22	4.998.895,48
3,02	Suministro de Equipo Hidromecánico	1.235.996,41	206.053,09	422.045,79	1.864.095,29
3,03	Suministro de Equipo Electromecánico	64.695,41	2.685.185,11	5.272.270,05	8.022.150,57
3,04	Suministro y Transporte de Equipo y Materiales para S.E. Soldados	0,00	609.106,88	0,00	609.106,88
3,05	Suministro y Transporte de Equipo y Materiales para S.E. Yanuncay	0,00	0,00	849.912,84	849.912,84
3,06	Suministro y Transporte de Equipo y Materiales para Ampliación S.E. Turi	0,00	0,00	116.420,85	116.420,85
3,07	Suministro y Transporte de Equipo y Mat para la Línea de Interconexión/Transmisión	<u>182.956,38</u>	<u>385.827,97</u>	<u>928.112,96</u>	<u>1.496.897,31</u>
3,08	Suministro Sistema de Control y Telecomunicaciones	104.500,00	454.205,00	617.716,00	1.176.421,00
4	MONTAJE DE EQUIPOS	595.739,72	1.244.136,95	2.671.000,73	4.510.877,40
4,02	Montaje de Equipo Hidromecánico	300.000,63	40.306,55	78.499,63	418.806,81
4,03	Montaje de Equipo Electromecánico	79.480,26	423.656,81	756.875,50	1.260.012,57



4,04	Montaje de S.E. Soldados	0,00	128.037,80	0,00	128.037,80
4,05	Montaje de S.E. Yanuncay	0,00	0,00	252.393,65	252.393,65
4,06	Montaje de Ampliación S.E. Turi	0,00	0,00	17.965,76	17.965,76
4,07	Montaje de Línea de Interconexión/ <u>Transmisión</u>	161.988,20	<u>567.657,45</u>	<u>1.434.723,84</u>	<u>2.164.369,49</u>
4,08	Montaje Sistema de Control y Telecomunicaciones	54.270,63	84.478,34	130.542,35	269.291,32
5	COSTO DIRECTO	15.344.223,06	19.373.750,25	38.653.995,10	73.371.968,41
6	GERENCIAMIENTO Y FISCALIZACIÓN (8% de 5)	1.227.537,84	1.549.900,02	3.092.319,61	5.869.757,47
7	SUPERVISIÓN (2% de 5)	306.884,46	387.475,01	773.079,90	1.467.439,37
8	SUMINISTRO POR ELECAUSTRO (Adquisición de Terrenos)	381.277,11	49.689,75	111.911,19	542.878,05
13	SUB TOTAL COSTO DE INVERSIÓN (5+6+7+8)	17.259.922,47	21.360.815,03	42.631.305,80	81.252.043,30
14	IVA 12% (PROD.NACIONALES)	1.650.728,98	1.804.004,66	3.653.701,99	7.108.435,64
15	TOTAL COSTO DE INVERSIÓN (13+14)	18.910.651,45	23.164.819,70	46.285.007,80	88.360.478,94



Anexo 2 Fórmula polinómica Quingoyacu

Descripción de la Fórmula Polinómica

Término	Descripción	Costo Directo	Coeficiente
B	Mano de Obra	2.353.667,64	0,235
C	Cemento Portland - Tipo I	721.123,70	0,072
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	4.877.600,60	0,487
F	Acero en barras (Modif)	1.342.091,34	0,134
X	Varios	721.123,70	0,072
Totales:		10.015.606,99	1,00
Total 2013		9.224.716,86	

$$PR = P_0 (0.235 B_1/B_0 + 0.072 C_1/C_0 + 0.487 E_1/E_0 + 0.134 F_1/F_0 + 0.072 X_1/X_0)$$

FACTOR= 1,085736 PR= 10015606,99 0,00

Término	Descripción	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coeficiente
B - 401	ESTRUCTURA OCUPACIÓN E2	5,53	254.159,00	1.405.499,26	0,598
B - 402	ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2	6,93	72.659,78	503.752,98	0,171
B - 404	MECÁNICOS	6,02	599,45	3.608,71	0,001
B - 405	ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1	6,02	20.723,70	124.756,68	0,049
B - 406	E.O. C1 (GRUPO 1)	6,02	35.242,52	212.159,96	0,083
B - 407	E.O. C2 (GRUPO 2)	5,80	18.366,25	106.524,24	0,043
B - 408	TOPOGRAFO	6,02	292,69	1.761,97	0,001
B - 412	CHOFERES	7,41	22.996,85	170.406,66	0,054
Totales:			425.040,24	2.528.470,46	1,00



0.598 SHR ESTRUCTURA OCUPACIÓN E2+ 0.049 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1+ 0.083 SHR E.O. C1 (GRUPO 1)+ 0.054 SHR CHOFERES+ 0.043 SHR E.O. C2 (GRUPO 2)+ 0.171 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2+ 0.001 SHR MECÁNICOS+ 0.001 SHR TOPOGRAFO+ 0 SHR PORCENTAJE DE MANO DE OBRA

X - 1	Pequeñas centrales hidroeléctricas	0	0	0	0	0,556
X - 2	Explosivos y Aditamentos	0	0	0	0	0,147
X - 3	Tubos y accesorios de PVC - Para alcantarillado	0	0	0	0	0,177
X - 4	Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)	0	0	0	0	0,12
Totales:				425.040,24	0	1



Anexo 3 Fórmula polinómica Soldados

Descripción de la Fórmula Polinómica

Término	Descripción	Costo Directo	Coeficiente
B	Mano de Obra	2.218.715,97	0,2700
C	Cemento Portland - Tipo I	534.135,33	0,0650
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	3.204.811,96	0,3900
F	Acero estructural para puentes	1.429.839,18	0,1740
X	Varios	829.964,12	0,1010
Totales:		8.217.466,55	1,00
		7.628.585,87	

$$PR = P0 (0.270 B1/B0 + 0.065 C1/C0 + 0.390 E1/E0 + 0.174 F1/F0 + 0.101 X1/X0)$$

FACTOR= 1,077194

Término	Descripción	Salario Ley	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coeficiente
B - 401	ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2	2,44	5,53	257.523,02	1.424.102,29	0,6390
B - 402	ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2	2,47	6,98	81.080,64	566.214,89	0,2010
B - 403	ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1	2,56	6,02	17.936,20	107.975,94	0,0450
B - 404	Operadores - Sección A Grupo I	2,56	6,19	28.122,90	174.075,84	0,0700
B - 405	Operadores - Sección A Grupo II	2,54	6,71	16.646,91	111.711,82	0,0410
B - 406	Topógrafo 1: experiencia de hasta 5 años(Estr.oc. C2)	2,56	6,02	349,60	2.104,59	0,0010
B - 408	Operadores - Sección A Grupo I	2,56	6,02	1.112,98	6.700,12	0,0030



Totales:	402.772,24	2.392.885,50	1,00
----------	------------	--------------	------

0.639 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2+ 0.045 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1+ 0.201 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2+ 0.07 SHR Operadores - Sección A Grupo I+ 0.041 SHR Operadores - Sección A Grupo II+ 0.003 SHR Operadores - Sección A Grupo I+ 0.001 SHR Topógrafo 1: experiencia de hasta 5 años(Estr.oc. C2)

X - 1	Pequeñas centrales hidroeléctricas	0	0	0	0	0,219
X - 2	Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)	0	0	0	0	0,251
X - 3	Explosivos y Aditamentos	0	0	0	0	0,045
X - 4	Equipo para detección de incendios	0	0	0	0	0,069
X - 5	Tubos y accesorios de PVC - Para alcantarillado	0	0	0	0	0,416
Totales:		402.772,24	0	0	0	1



Anexo 4 Fórmula polinómica Yanuncay

Descripción de la Fórmula Polinómica

Término	Descripción	Costo Directo	Coeficiente
B	Mano de Obra	4.877.978,27	0,246
C	Cemento Portland - Tipo I	1.606.163,58	0,081
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	7.654.063,46	0,386
F	Acero en barras (Modif)	3.271.814,69	0,165
X	Varios	2.419.159,95	0,122
Totales:		19.829.179,95	1,00
TOTAL 2013		18.495.082,76	

$$PR = P_0 (0.246 B_1/B_0 + 0.081 C_1/C_0 + 0.386 E_1/E_0 + 0.165 F_1/F_0 + 0.122 X_1/X_0)$$

$$FACTOR = 1,0721325$$

Término	Descripción	Salario Efectivo	Horas Hombre	Costo Directo	Coeficiente
B - 401	ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2	5,69	477.069,48	2.715.215,18	0,563
B - 402	ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2	117,67	165.204,40	19.438.842,05	0,195
B - 403	ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1	6,73	34.723,05	233.714,01	0,041
B - 404	Operadores - Sección A Grupo I	7,14	76.658,83	547.703,38	0,090
B - 405	Operadores - Sección A Grupo II	7,09	58.939,46	417.918,02	0,070
B - 406	Operadores - Sección A Grupo I	7,22	1.930,50	13.934,77	0,002
B - 409	Topógrafo 1: experiencia de hasta 5 años(Estr.oc. C2)	6,02	272,34	1.638,19	0,001
B - 410	ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2	47,57	2.827,97	134.523,92	0,003
B - 411	Choferes	7,41	29.535,46	218.733,47	0,035



	Totales:	847161,5023	23.722.222,99	1,00
--	----------	-------------	---------------	------

0.563 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2+ 0.041 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1+ 0.195 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2+ 0.09 SHR Operadores - Sección A Grupo I+ 0.07 SHR Operadores - Sección A Grupo II+ 0.002 SHR Operadores - Sección A Grupo I+ 0.035 SHR Choferes - Licencia Tipo D+ 0.001 SHR Topógrafo 1: experiencia de hasta 5 años(Estr.oc. C2)+ 0.003 SHR ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2

X - 1	Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)	0	0	0	0	0,077
X - 2	Tubos y accesorios de PVC - Para alcantarillado	0	0	0	0	0,254
X - 3	Explosivos y Aditamentos	0	0	0	0	0,305
X - 4	Pequeñas centrales hidroeléctricas	0	0	0	0	0,354
X - 5	Equipo para detección de incendios	0	0	0	0	0,01
Totales:			847161,5023	0		1

Anexo 5 Costo de inversión actualizado a enero 2018

ITÉM	DESCRIPCIÓN	QUINGOYACU (USD)	CH SOLDADOS (USD)	CH YANUNCAY (USD)	TOTAL (USD)
1	OBRAS CIVILES	13.280.694,86	10.896.360,65	26.293.492,61	50.470.548,12
	Costo directo de obra civil	10.015.606,99	8.217.466,55	19.829.179,95	38.062.253,48
	Mano de Obra	2.353.667,64	2.218.715,97	4.877.978,27	9.450.361,88
	Cemento Portland - Tipo I	721.123,70	534.135,33	1.606.163,58	2.861.422,60
	Equipo y maquinaria de Construc. vial	4.877.600,60	3.204.811,96	7.654.063,46	15.736.476,02
	Acero en barras (Modif)	1.342.091,34	1.429.839,18	3.271.814,69	6.043.745,21
	Varios	721.123,70	829.964,12	2.419.159,95	3.970.247,78
	Costo indirecto de obra civil (aprox. 32,6% del total de C. Directos)	3.265.087,88	2.678.894,10	6.464.312,66	12.408.294,64
2	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (¹)	914.302,68	824.366,90	1.076.158,99	2.814.828,57
2,01	Plan de Manejo Ambiental H	793.812,67	643.631,89	707.995,09	2.145.439,65
2,02	Plan de Manejo Ambiental LLTT	120.490,00	180.735,01	368.163,90	669.388,91
3	SUMINISTRO DE TUBERÍAS Y EQUIPOS	1.569.059,57	7.101.434,72	10.233.427,38	18.903.921,67
3.01	Suministro de Tuberías	0,00	2.813.225,53	2.125.586,08	4.938.811,61
3.02	Suministro de Equipo Hidromecánico	1.221.140,44	203.576,45	416.973,04	1.841.689,93
3.03	Suministro de Equipo Electromecánico	63.917,81	2.652.910,72	5.208.900,38	7.925.728,90
3.04	Suministro y Transporte de Equipo y Materiales para S.E. Soldados	0,00	601.785,76	0,00	601.785,76
3,05	Suministro y Transporte de Equipo y Materiales para S.E. Yanuncay	0,00	0,00	839.697,37	839.697,37
3,06	Suministro y Transporte de Equipo y Materiales para Ampliación S.E. Turi	0,00	0,00	115.021,54	115.021,54



3,07	Suministro y Transporte de Equipo y Mat para la Línea de Interconexión/ <u>Transmisión</u>	<u>180.757,35</u>	<u>381.190,54</u>	<u>916.957,57</u>	<u>1.478.905,46</u>
3,08	Suministro Sistema de Control y Telecomunicaciones	103.243,97	448.745,72	610.291,41	1.162.281,09
4	MONTAJE DE EQUIPOS	588.579,27	1.229.183,13	2.638.896,83	4.456.659,23
4,02	Montaje de Equipo Hidromecánico	296.394,79	39.822,09	77.556,11	413.772,99
4,03	Montaje de Equipo Electromecánico	78.524,95	418.564,70	747.778,29	1.244.867,94
4,04	Montaje de S.E. Soldados	0,00	126.498,86	0,00	126.498,86
4,05	Montaje de S.E. Yanuncay	0,00	0,00	249.360,02	249.360,02
4,06	Montaje de Ampliación S.E. Turi	0,00	0,00	17.749,82	17.749,82
4,07	Montaje de Línea de Interconexión/ <u>Transmisión</u>	<u>160.041,19</u>	<u>560.834,53</u>	<u>1.417.479,28</u>	<u>2.138.355,01</u>
4,08	Montaje Sistema de Control y Telecomunicaciones	53.618,33	83.462,96	128.973,31	266.054,59
5	COSTO DIRECTO (1+2+3+4)	16.352.636,38	20.051.345,40	40.241.975,81	76.645.957,59
6	MONTOS AFECTADOS POR EL IVA (INSUMOS NACIONALES)	14.783.576,81	15.763.136,22	32.134.134,50	62.680.847,53
7	MONTOS NO AFECTADOS POR EL IVA (INSUMOS IMPORTADOS)	1.569.059,57	4.288.209,19	8.107.841,31	13.965.110,06
8	COSTO TOTAL DE OBRA, EQUIPOS Y MONTAJE (6+7)	16.352.636,38	20.051.345,40	40.241.975,81	76.645.957,59
9	GERENCIAMIENTO Y FISCALIZACIÓN (8% de 5)	1.308.210,91	1.604.107,63	3.219.358,06	6.131.676,60
10	SUPERVISIÓN (2% de 5)	327.052,73	401.026,91	804.839,52	1.532.919,16
11	SUMINISTRO POR ELECAUSTRO (Adquisición de Terrenos)	381.277,11	49.689,75	111.911,19	542.878,05
12	SUB TOTAL COSTO DE INVERSIÓN (8+9+10+11)	18.369.177,13	22.106.169,69	44.378.084,58	84.853.431,40
13	IVA 12% (PROD.NACIONALES)	1.774.029,22	1.891.576,35	3.856.096,14	7.521.701,70
14	TOTAL COSTO DE INVERSIÓN (12+13)	20.143.206,34	23.997.746,04	48.234.180,72	92.375.133,10

Anexo 6 Escenarios de estructura de capital

Descripción	Escenario 1 (D/C): 83/17	Escenario 2 (D/C): 80/20	Escenario 3 (D/C): 70/30
Costo de la deuda	4,00%	4,00%	4,00%
Costo de capital	5,67%	5,67%	5,67%
Peso deuda	82,97%	80,00%	70,00%
Peso capital	17,03%	20,00%	30,00%
Promedio ponderado del costo de capital PPCC	4,28%	4,33%	4,50%

Anexo 7 Cálculo de la Tasa de Descuento Financiera

A partir de la información de la tabla 8 presente trabajo, se calculó el WACC, como se muestra a continuación:

Se debe obtener la tasa de rendimiento para los accionistas, mediante la fórmula (3), da como resultado:

$$r_j = r_f + \beta(r_m - r_f)$$

$$r_j = 3,11\% + 1,2589(5,14\% - 3,11\%)$$

$$r_j = 5,67\%$$

Una vez que se ha obtenido el rendimiento que espera el accionista, se debe obtener el promedio ponderado del costo de capital, teniendo en cuenta que el costo de la deuda para este proyecto es de 4% y su participación en el total del costo de inversión es de 82,97%. Con estos datos se procede a calcular el WACC, como se muestra a continuación:

$$WACC = (0,8297 * 4\%) + (0,1703 * 5,67\%)$$

$$WACC = 4,28\%$$

El valor resultante constituye el WACC que será empelado para descontar los flujos de caja financieros.

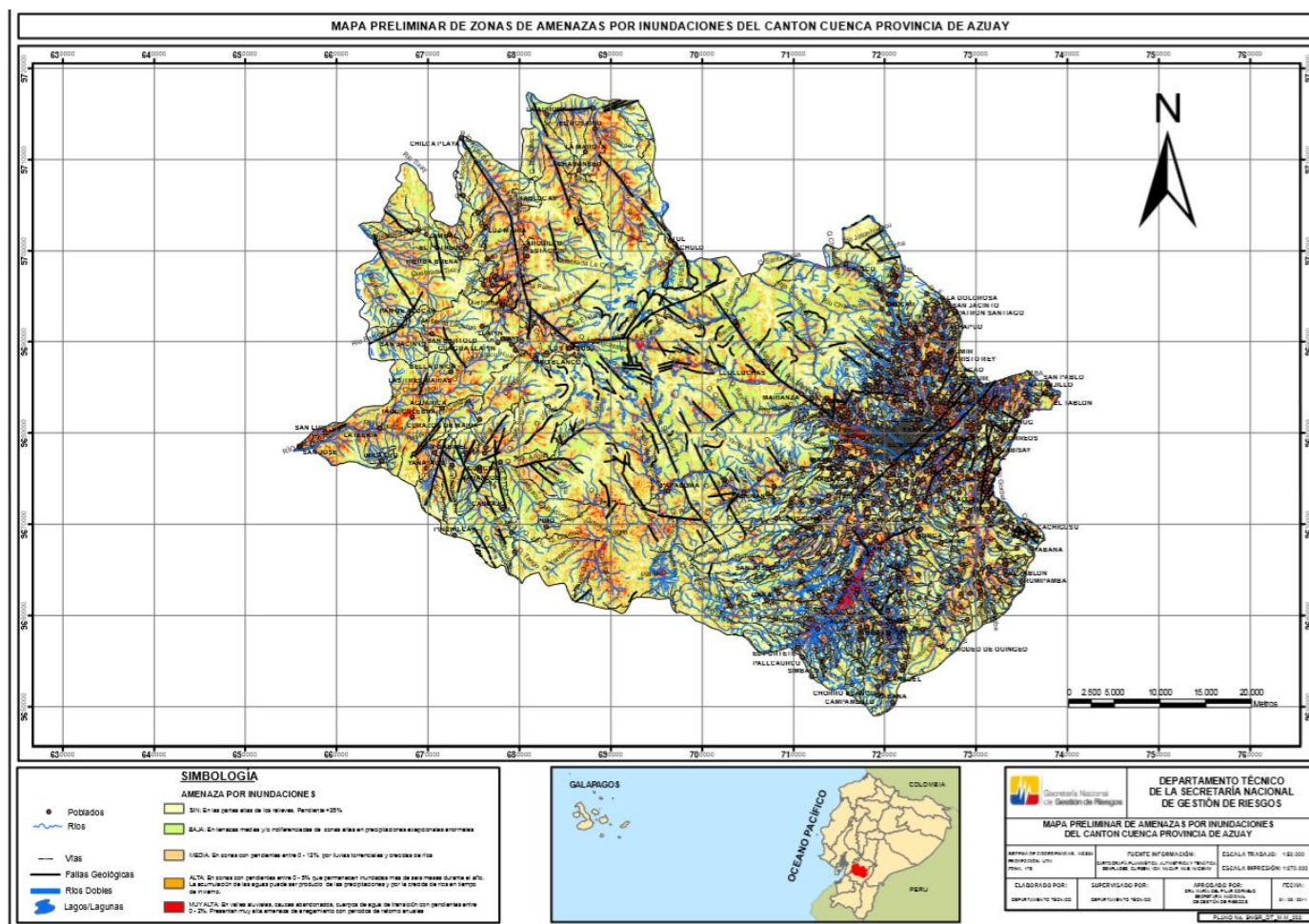
Anexo 9 Cálculo del componente importado de los costos directos

I N S U M O S	PORCENTAJE COMPONENTE IMPORTADO	COEFICIENTE FORMULA POLINOMICA	COEFICIENTE COMPONENTE IMPORTADO	COEFICIENTE DE ARANCELES	COEFICIENTE PRECIOS - CIF
	A	B	C = A x B	D	E = C / D
Accesorios Eléctricos	60,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Acero Barras	73,30%	0,159	0,116	1,00	0,116
Adoq./Bloque/Pref.HS/Ladrillo	10,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Agregados Petreos	29,69%	0,000	0,000	1,00	0,000
Aluminio y Vidrio	73,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Asfalto, Imptrim, Derivados	61,80%	0,000	0,000	1,00	0,000
Bombas	73,30%	0,000	0,000	1,00	0,000
Cables Elec. Y Telef.	60,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Cementos - Aglomerantes	46,55%	0,075	0,035	1,00	0,035
Cerámicas - Azulejos	40,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Hipoclorito de Calcio	73,30%	0,000	0,000	1,00	0,000
Maderas	31,57%	0,000	0,000	1,00	0,000
Mallas, Alambre, Gaviones	50,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Maquinaria OO.PP. y repues.	73,30%	0,413	0,303	1,00	0,303
Medidores - Hidrantes	63,78%	0,000	0,000	1,00	0,000

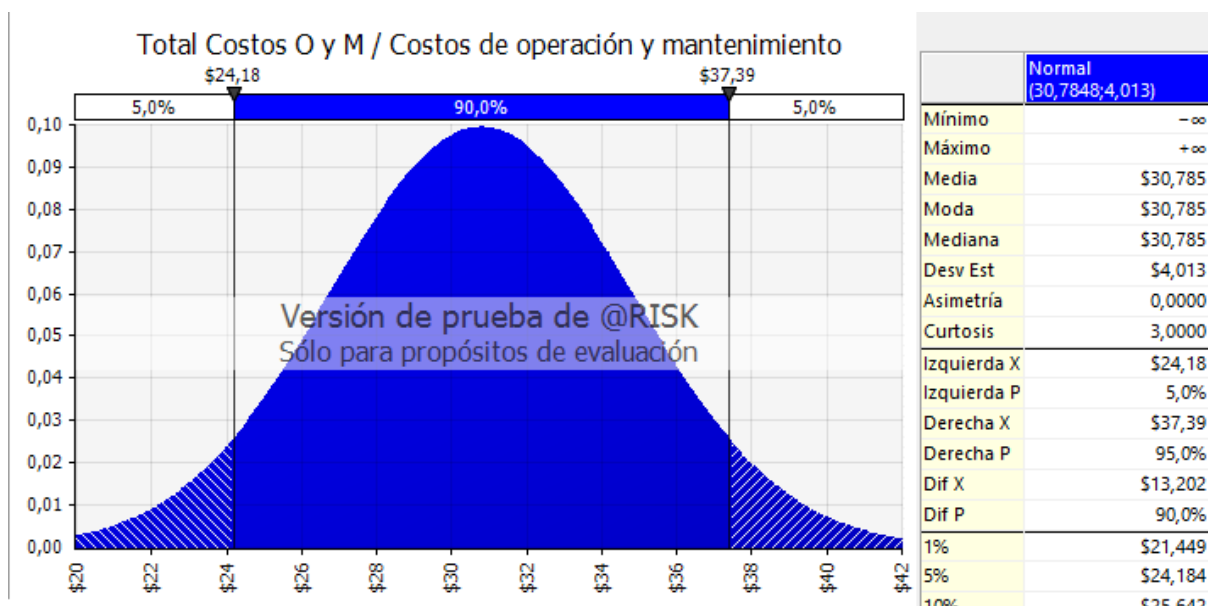


Perfiles de Acero	41,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Piezas Sanitarias	40,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Pinturas	48,38%	0,000	0,000	1,00	0,000
Saldo Materiales	50,00%	0,104	0,052	1,00	0,052
Tranformadores	73,30%	0,000	0,000	1,00	0,000
Tub/Acces/carp.de HF-Acero	52,14%	0,000	0,000	1,00	0,000
Tubería A.C. - Accesorios	10,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Tubería H.G - Alcantarillado	41,40%	0,000	0,000	1,00	0,000
Tubería H.S. - Armado	36,13%	0,000	0,000	1,00	0,000
Tubería PVC - Accesorios	50,81%	0,000	0,000	1,00	0,000
Válvulas	10,00%	0,000	0,000	1,00	0,000
Valvulas de H.F	52,14%	0,000	0,000	1,00	0,000
TOTAL		0,752	0,507	27,00	0,507

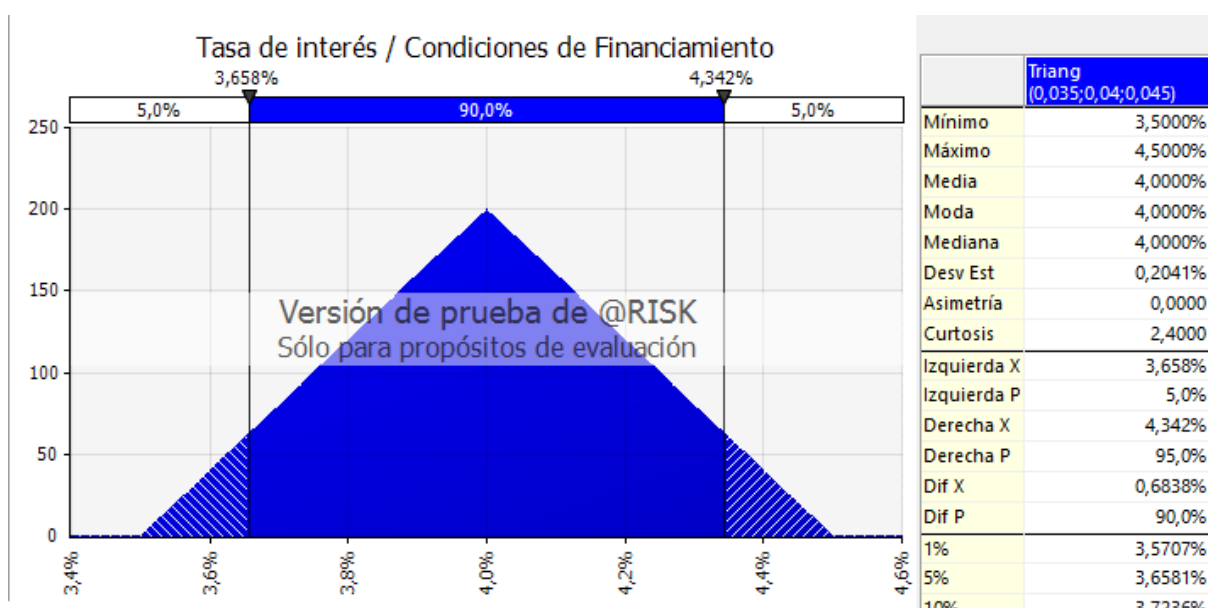
Anexo 8 Mapa de pluviosidad de la ciudad de Cuenca



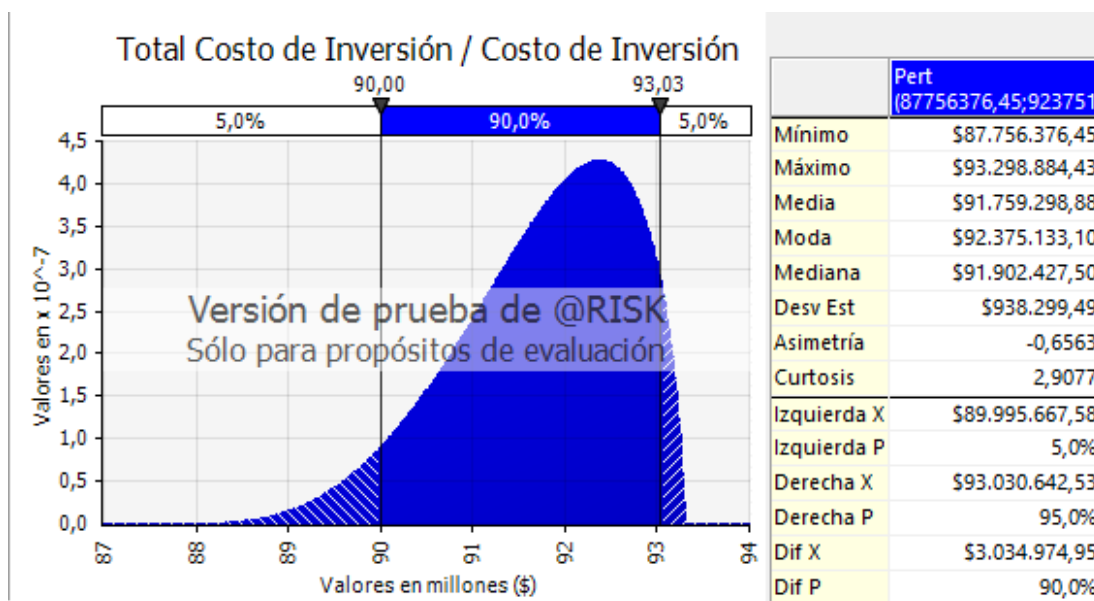
Anexo 10 Distribución de probabilidad de la variable Costo de operación y mantenimiento.



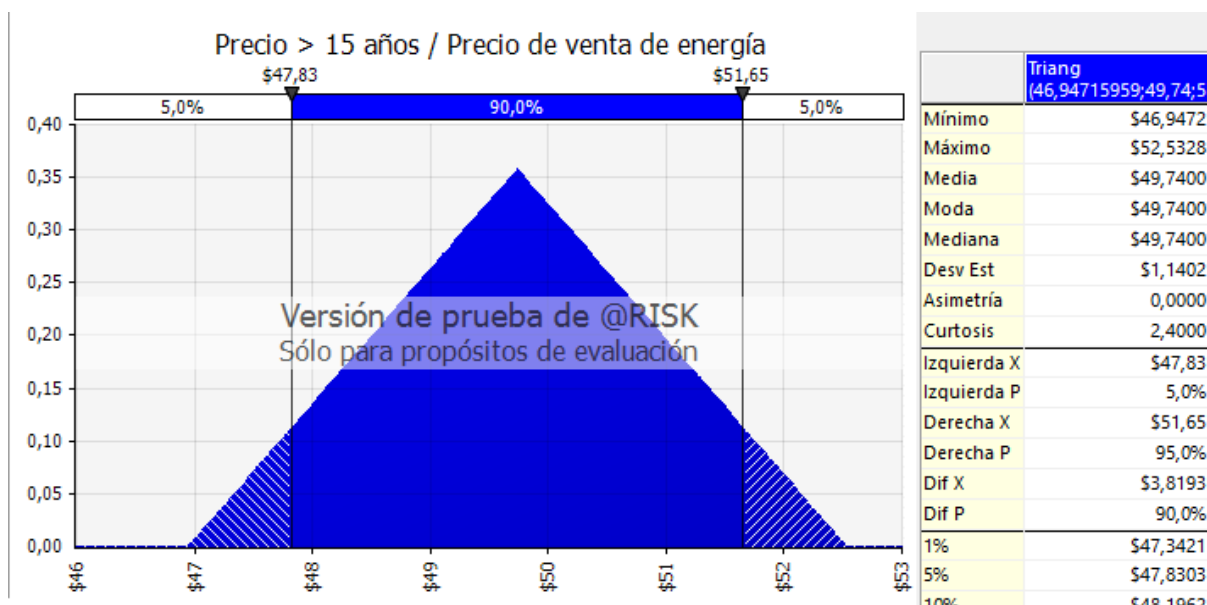
Anexo 11 Distribución de probabilidad de la variable Tasa de interés.



Anexo 12 Distribución de probabilidad de la variable Costo de inversión.



Anexo 13 Distribución de probabilidad de la variable Precio de venta.



Anexo 14 Rangos de amplitud de las variables financieras.

Como resultado adicional del análisis de sensibilidad financiero, se obtuvo el valor individual de los parámetros más sensibles del proyecto, que generan un VAN igual a cero, manteniéndose el resto de parámetros constantes. En la siguiente tabla se presentan los resultados.

Variable	Unidad de Medida	Valor
Costo de inversión	USD\$	\$ 100.812.165,94
Tasa de interés	%	4,55%
Costo de O y M	USD/KW-año	\$ 52,32
Precio > 15 años	USD\$/MWh	\$ 45,38

Como se puede notar en la tabla anterior, si el costo de inversión supera el valor de USD\$ 100,8 millones, se obtendrá un VAN negativo, ceteris paribus. Por otro lado, si la tasa de interés superase el 4,55% daría como resultado un VAN negativo, ceteris paribus. De igual manera, se obtuviese el mismo resultado si costo de operación y mantenimiento y el precio de venta de energía después de los 15 primeros años superasen los montos de USD\$52,32 y USD\$45,38 respectivamente, ceteris paribus.

Anexo 15 Protocolo de Trabajo de Titulación Aprobado.

UNIVERSIDAD DE CUENCA



“EVALUACIÓN ECONÓMICA, SOCIAL Y FINANCIERA DEL PROYECTO DE USO MÚLTIPLE SOLDADOS- YANUNCAY”

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ECONOMÍA**

AUTORES:

DURÁN LOJA PABLO JOSÉ
TNIZHAÑAY PERALTA JOSÉ PAÚL

TUTOR:

ECON. AGUILAR FEIJÓ VICTOR GERARDO

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ECONOMISTA**

2018

CUENCA - ECUADOR



Índice

Índice	122
<i>Pertinencia académico - científica y social</i>	123
<i>Justificación</i>	124
<i>Problema Central</i>	126
<i>Objetivos</i>	128
<i>Metodología (marco teórico base y diseño metodológico)</i>	128
<i>Cronograma de Actividades</i>	143
<i>Esquema Tentativo</i>	143
<i>Bibliografía</i>	145

Pertinencia académico - científica y social

Pertinencia académico – científica

Para el desarrollo sostenible y sustentable de una economía, la importancia de energías renovables constituye un elemento ineludible para el logro de dicho objetivo. La energía hidroeléctrica es un recurso vital de energía renovable y para muchos países es la única energía renovable que tiene el potencial de ampliar el acceso a la electricidad a grandes poblaciones. Específicamente, se puede hablar del caso de centrales hidroeléctricas que se encuentran en fase de estudios finales; como lo es el caso particular del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay; el cual posee la singularidad de considerarse como de uso múltiple, puesto que, no solo contempla la producción hidroeléctrica, sino que adicionalmente regulará el caudal del río Yanuncay para la planta de agua potable de Sustag, de propiedad de ETAPA E.P.; y paralelamente coadyuva otros beneficios generados por la implementación del proyecto.

Por tal motivo, es indispensable la realización de evaluaciones de carácter financiero, económico y social, como bien lo refiere trabajos realizados por Martínez, et al. (2005) para el caso español, Ihum (2017) aplicado a la realidad de Kenia, Benavides (2005) en la evaluación de riesgo para el caso de Costa Rica.

En el ámbito de aplicación para Ecuador, los trabajos existentes sobre la presente temática de estudio son escasos, puesto que, la gran mayoría se encuentran en el ámbito académico a nivel de pregrado; y en el entorno privado, solo a nivel de consultoría por lo cual el acceso a dichos estudios se ve limitado; siendo estos trabajos realizados en contextos diferentes, pero con elementos de estudio comunes.

El presente proyecto integrador esencialmente está conformado por las evaluaciones económica, financiera y social del proyecto de uso múltiple

Soldados – Yanuncay, dichas evaluaciones permitirán poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica. Además, esta investigación servirá como referente para futuros estudios relacionados a esta temática.

Por lo expuesto anteriormente, se logra la consecución de los objetivos institucionales de la Empresa Electro Generadora del Austro S.A., a la par que se contribuye con el bienestar de la sociedad a nivel país, puesto que, con las evaluaciones que se proponen realizar, permitirá la toma de decisiones con criterios técnicos y sociales.

Pertinencia social

La empresa Electro Generadora del Austro S.A. tiene como funciones principales la explotación económica de varias centrales generadoras de energía eléctrica y la colocación de su producción total o parcial en el mercado eléctrico para su posterior comercialización. Para el cumplimiento de dicho objetivo la empresa podrá realizar cualquier clase de actos civiles, industriales y mercantiles. Siendo necesario evaluar rigurosamente el impacto económico – social estimado del proyecto, mediante las evaluaciones económica, financiera y social.

La pertinencia social de nuestra investigación consiste en evaluar el impacto en el bienestar económico - social de la población involucrada en las externalidades generadas por el proyecto, además de cuantificar la responsabilidad de los efectos del proyecto sobre la sociedad en general.

Justificación

El proyecto integrador a realizarse consiste en las evaluaciones económica, financiera y social del proyecto múltiple Soldados-Yanuncay que de manera general está compuesto por la represa de Quingoyacu, Central Soldados y Central Yanuncay. Dicho proyecto tiene un presupuesto referencial para su construcción sin IVA, determinado en el 2013 por la consultora CESEL, de USD 73 371 968. A este monto se deberá adicionar valores por Gerencia y

Fiscalización, Supervisión y adquisición de terrenos, para un total del costo del proyecto de USD 81 252 043. Los proyectos de la Presa Quingoyacu, las Centrales Hidroeléctricas Soldados – Yanuncay y el Sistema de transmisión asociado, serán efectuados en tres años. Para la empresa ElecAustro, la determinación de la estructura de financiamiento es particularmente relevante, por lo se debe realizar un correcto análisis de la misma.

La importancia de esta investigación radica en que los proyectos de carácter público deben ser sostenibles financiera y económicamente a lo largo del tiempo. Teniendo en cuenta que para la correcta realización de estas evaluaciones se debe delimitar claramente los diferentes beneficios tanto económicos como sociales (externalidades positivas y negativas) que pueden existir por la realización del proyecto. Razón por la cual, es necesario realizar una adecuada evaluación financiera, económica y social del proyecto, considerando diferentes factores que puedan afectar dichas evaluaciones.

La evaluación económica y financiera a realizar del proyecto Múltiple Soldados -Yanuncay es un requisito fundamental en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, particularmente debido a que el proyecto requiere asistencia financiera (siendo dichas evaluaciones un requisito solicitado por cualquier institución financiera) y además las evaluaciones tanto económica como financiera facilitarán y optimizarán la toma de decisiones. Teniendo en cuenta, que la vida útil estimada del proyecto, según el estudio técnico, es de 50 años.

La evaluación financiera del proyecto indicará si el proyecto contribuirá a los objetivos generales de la empresa o caso contrario supondrá un deterioro de sus recursos financieros. Además, la realización del análisis financiero nos permitirá evaluar la rentabilidad potencial desde la perspectiva de inversor al examinar los beneficios y costos del proyecto para la empresa.

El análisis económico de empresas que operan con recursos públicos es de gran importancia a nivel de la economía en general, debido a que el análisis

económico se refiere al verdadero valor que tiene un proyecto para la sociedad en su conjunto, incluyendo a todos los miembros de la misma y midiendo los impactos positivos y negativos del proyecto.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el análisis económico y financiero son complementarios. Para que un proyecto sea económicamente viable, debe ser financieramente sostenible. Si un proyecto no es financieramente sostenible, no habrá fondos adecuados para operar, mantener y reemplazar los activos adecuadamente. A veces se ha sugerido que la viabilidad financiera no debe ser motivo de preocupación, ya que mientras un proyecto sea económicamente viable, puede ser respaldado mediante subsidios gubernamentales.

La evaluación social a realizarse, tendrá en cuenta diversos componentes tales como: el componente productivo que contempla la económica familiar de la población que habita en el área de influencia del proyecto, la misma que está sustentada básicamente en la producción agropecuaria y en menor escala la piscicultura; y el aspecto cultural que está vinculado con el desarrollo económico del turismo en la Cuenca alta y media del río Yanuncay.

Problema Central

La empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A., creada en 1999 como resultado de la escisión de la distribuidora Centro Sur C.A., posee su sede en la ciudad de Cuenca. Elecaustro tiene plantas de operación energética en las provincias de Azuay y Cañar. Además, su cartera incluye la planta hidroeléctrica Ocaña de 26MW, el complejo hidroeléctrico de Manchángara (que agrupa a las centrales Saymirín de 15,5MW y Saucay de 24MW), las represas Chanlud y El Labrado; igualmente tiene una central termoeléctrica El Descanso compuesta por cuatro unidades de 4.800Kw cada una, entre las más significativas.

Dentro de los proyectos en estudio que posee la empresa para su posible construcción, se encuentran el proyecto Ocaña 2 y el proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay.

Este último sobre la base de análisis preliminares identificó a la microcuenca del río Yanuncay como un espacio geográfico susceptible de ser aprovechado para el desarrollo de proyectos de generación hidroeléctrica. Como resultado de los estudios de prefactibilidad se recomendó los análisis de un proyecto con tres centrales: Soldados, Yanuncay y Minas. No obstante, los diseños definitivos fueron efectuados únicamente para las centrales Soldados y Yanuncay.

El proyecto hidroeléctrico es considerado como de uso MULTIPLE debido a que, adicional a la producción hidroeléctrica, permitirá suministrar el caudal necesario para la planta de agua potable de Sustag, de propiedad de ETAPA E.P.; así como disminuir los riesgos por inundaciones en la cuenca baja del río Yanuncay. La implementación de este proyecto tendrá un costo aproximado de USD 81 252 043, este valor deberá tener una estructura de financiamiento adecuada.

El proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay requiere las evaluaciones económica, financiera y social, debido a que un análisis compuesto (financiero, económico y social), durante la evaluación y la implementación del proyecto, desempeña un papel clave para lograr los resultados económicos deseados, aumentando la probabilidad de beneficios sostenidos del proyecto.

Además, la evaluación económica y financiera de proyectos es un requisito de la mayoría de gobiernos e Instituciones Financieras Internacionales (IFI), proporcionando los elementos necesarios para la acertada toma de decisiones acerca del financiamiento de la inversión necesaria para el proyecto propuesto basado en su viabilidad financiera y económica.

Objetivos

Objetivos generales

- Realizar las evaluaciones económica, financiera y social del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay.
- Realizar los análisis de riesgo y sensibilidad del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay.

Objetivos específicos

- Determinar las características de la población del área de incidencia del proyecto.
- Determinar la metodología adecuada para el caso de estudio.
- Identificar y estimar los beneficios económicos – sociales del proyecto.
- Comparar las evaluaciones en diferentes escenarios.
- Establecer un rango de amplitud de las variables del modelo que proporcionen indicadores rentables para el proyecto.

Metodología (marco teórico base y diseño metodológico)

Marco Teórico

El desempeño financiero es la evaluación científica de la rentabilidad y la solidez financiera de cualquier proyecto, Sapag y Sapag (2008) en su libro definen a la evaluación financiera como el proceso de evaluación de diversos proyectos, presupuestos, negocios y otras filiales relacionadas con las finanzas para acordar su viabilidad para la inversión. La evaluación financiera o popularmente conocida como análisis financiero se usa para examinar si una unidad es estable, líquida, solvente o rentable para invertir.

Existen numerosas herramientas y técnicas para evaluar financieramente un proyecto:

- La evaluación del costo del proyecto
- Valor de la inversión del proyecto en el tiempo
- Valor actual neto (VAN) del proyecto
- Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto
- Periodo de recuperación
- Evaluación de riesgos

Además de las técnicas de análisis de datos financieros anteriores, otra forma es calcular las proporciones de los datos del proyecto actual y compararlos con los datos estándares de otros proyectos contemporáneos o con los resultados anteriores del proyecto para obtener una mejor perspectiva.

En su libro Fontaine (2008) define a la evaluación económica como el flujo de recursos reales (de los bienes y servicios) utilizados y producidos por el proyecto. Para la determinación de los costos y beneficios pertinentes, la evaluación económica definirá la situación del país “con” y “sin” la ejecución del proyecto. Por lo que, los costos y beneficios económicos podrán ser distintos de los contemplados por la evaluación financiera. Dado que, los valores (precios) económicos de bienes y servicios difieren del valor pagado por el bien o servicio y parte de los costos o beneficios recae sobre terceros (el caso de las llamadas externalidades).

Fontaine (2008) en su libro también define a la evaluación social como el análisis de viabilidad económica entre la relación de los costos y los beneficios de un proyecto. Pero la evaluación social debe hacerse preguntas más amplias para abordar los impactos sociales reales. Se debe evaluar los fundamentos de la intervención pública y si la intervención es el medio más apropiado para abordar el problema existente. La evaluación debe centrarse en gran medida en evaluar el impacto real del proyecto en los diversos agentes.

Tradicionalmente, el proceso de las evaluaciones financiera y económica de proyectos se llevó a cabo para clasificar los proyectos de manera

sistemática. Con el tiempo, el proceso de las evaluaciones se ha enfocado más específicamente del sector al que pertenece cada proyecto, permitiendo que los datos generados durante el estudio de factibilidad retroalimenten el proceso de diseño. Esto permite que los proyectos se estructuren de forma que se maximice el posible retorno financiero y económico. Todas las inversiones deberían estar sujetas a un proceso sistemático de evaluación de capital con dos objetivos en mente:

- Proporcionar una base para la selección o rechazo de proyectos clasificándolos en orden de rentabilidad o beneficios sociales y ambientales.
- Asegurar que las inversiones no se realicen en proyectos que ganen menos que el costo del capital (generalmente expresado como una tasa de rendimiento mínimo).

Estado del Arte

Hamadé (2015) evalúa un proyecto de presa multipropósito en Sambangalou, en donde compara los costos globales de la producción de energía hidroeléctrica con los beneficios que aporta. Además, señala que los costos y beneficios son internos, cuando, están directamente relacionados con la implementación de la presa y son externos, cuando, son efectos externos del proyecto. Los beneficios del proyecto de energía se evaluaron en términos del costo evitado de implementar la solución de energía hidroeléctrica en lugar de desarrollar la producción de energía térmica en el período de 2011 a 2060.

El estudio concluyó que el valor presente de beneficio resultante (PVB – por sus siglas en inglés) fue de -170 millones de euros después de invertir 292 millones de euros y obtener una tasa de descuento del 10%. En estas condiciones, la Tasa Interna de Retorno de la presa de Sambangalou fue del 5%, lo cual, concluye el autor, es insuficiente para justificar la construcción.

El autor realiza el análisis económico en el marco de estudios de diseño para proporcionar una evaluación que solo contemple los aspectos ambientales y sociales del proyecto en forma de medidas de compensación. Al mismo tiempo, señala que La Represa Sambangalou causa diversos efectos externos que son tanto positivos como negativos e igualmente importantes y merecen ser internalizados.

Su trabajo complementa los estudios previos de viabilidad y de diseño detallado, considerando a la presa como un proyecto de desarrollo público en la Cuenca del Río Gambia. El proyecto público persigue varios objetivos y, por lo tanto, el autor indica que debe examinarse en función de los efectos que tendría en todos los países de la región en un análisis de costo-beneficio, metodología empelada en su estudio.

Bhatia, Malik y Bhatia (2016) en su estudio presentan los resultados de un estudio sobre los impactos económicos directos e indirectos del sistema de presas multipropósito de Bhakra en la parte norte de la India que ha proporcionado beneficios directos en términos de energía hidroeléctrica, agricultura de riego, suministro de agua, control de inundaciones y prevención de sequías. Estos resultados directos del sistema de represas de Bhakra han generado: impactos de vinculación interindustrial, vínculos hacia adelante y hacia atrás, lo que resulta en un aumento en la demanda de productos de otros sectores e impactos inducidos por el consumo que surgen de aumentos en los ingresos y salarios generados por los productos directos de la presa. Dichos impactos económicos indirectos, cuantificados mediante el uso de un modelo de multiplicador de precio fijo basado en una matriz de contabilidad social (SAM) para Punjab. Los resultados sobre la distribución del ingreso muestran que las ganancias de la represa para los hogares de trabajadores agrícolas han sido más altas que las ganancias para otros hogares rurales y para los hogares urbanos.

Cubbage, Davis, Frey y Behr (2013) en su trabajo tratan sobre el análisis económico y financiero de bienes y servicios de mercado, con aplicación a proyectos forestales en México y América Latina. Además, señalan que los

análisis financieros y económicos por sí solos no son suficientes para tomar todas las decisiones del proyecto, pero son necesarios para garantizar que los proyectos utilicen bien el escaso capital y cumplan con los estándares económicos mínimos esperados por las comunidades forestales y los propietarios de tierras, donantes de ayuda extranjera y grupos de asistencia técnica.

Ihum (2017) ha investigado la viabilidad de la construcción de la represa multipropósito Kashimbilla en el estado de Taraba, Nigeria, utilizando el análisis de costos y beneficios (CBA) en dos escenarios diferentes. Particularmente varió la tasa de interés, los costos del proyecto y los beneficios. El análisis ha demostrado que la presa Kashimbilla es un proyecto que vale la pena. Si bien el resultado del cálculo del CBA sugiere que el proyecto es viable, otros beneficios sociales, como la mejora de los rendimientos de los servicios de riego, la mejora de la disponibilidad de agua, los beneficios totales del control de inundaciones (valor de la vida humana), el mayor acceso a los recursos hídricos, la creación de empleo y el turismo indican que el proyecto es una empresa pública digna.

En lo referente a la viabilidad de centrales hidroeléctricas con enfoque de análisis de riesgo Martínez, Rubio, Alegre, Ordoñez y Oliver (2005) analizan que las entidades que participan de la financiación de centrales hidroeléctricas demandan la inclusión del concepto de riesgo en los estudios de viabilidad, por la incertidumbre de algunas de las variables manejadas en el mismo. Además aplican un modelo de Montecarlo, con objeto de traducir la incertidumbre en un concepto de riesgo matemático a diversos proyectos ya ejecutados en España y gestionados por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE), analizando la determinación estadística de resultados posibles de rentabilidad de la inversión, facilitando así una herramienta adecuada en la toma de decisiones por parte de los inversores.

Adicionalmente en lo referente a riesgo de proyectos de uso múltiple Benavides (2005) señala que los proyectos constructivos están expuesto a

una gran cantidad de riesgos o eventos que pueden perjudicar los resultados esperados. En su trabajo introduce el tema de gestión de riesgos como parte del conocimiento que un administrador de proyectos debe tener. Estableciendo las bases de cada una de las fases del proceso de gestión de riesgo y posteriormente realizando un caso de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Peñas Blancas.

El desarrollo del tema se fundamenta en los conceptos del Instituto de Administración de Proyectos (PMI por sus siglas en inglés) entidad precursora en este campo. Además, realizó un proceso de análisis cualitativo y cuantitativo de riesgo sobre el proyecto hidroeléctrico antes mencionado.

Diseño Metodológico

Las evaluaciones económica, financiera y social a efectuarse del proyecto de uso múltiple Soldados – Yanuncay, se fundamenta en la teoría de administración, gestión y evaluación de proyectos. Motivo por el cual, se presenta la siguiente metodología de posible aplicación:

Evaluación Financiera, Económica y Social

La siguiente tabla resume los puntos principales tanto del análisis financiero como el económico donde se supone que los individuos y la sociedad pueden medir y tratar de maximizar sus beneficios netos, o la utilidad tal como se menciona en la literatura sobre economía. La eficiencia es el principal criterio financiero y económico para la selección de proyectos. Esto se mide maximizando los beneficios o minimizando los costos de mercado en los análisis financieros, y maximizando los beneficios sociales netos en los análisis económicos. Los análisis financieros miden los costos, precios y ganancias en términos de precios de mercado comercial. Los análisis económicos usan precios de mercado siempre que estén disponibles. Cuando hay deficiencias sustanciales de mercado o beneficios ambientales no de mercado (también denominados externalidades), los análisis

económicos utilizan aproximaciones o estiman el valor social al adaptar los análisis para incluir precios sombra, análisis de preferencia revelados o métodos de preferencia establecidos.

Tabla 48 Metodologías de evaluación

EVALUACIÓN FINANCIERA, ECONÓMICA Y SOCIAL

CRITERIO	EVALUACIÓN FINANCIERA	EVALUACIÓN ECONÓMICA	EVALUACIÓN SOCIAL
Palabras Clave	- Dinero	- Bienestar	- Bienestar
		- Sociedad	- Sociedad
		- Eficiencia	- Eficiencia
			- Equidad
Objetivo	- Determinar la capacidad del proyecto de generar dinero	- Determinar qué gana y qué pierde la sociedad o país en términos de bienestar por hacer el proyecto	- Determinar qué gana y qué pierde la sociedad o país en términos de bienestar por hacer el proyecto
	- Determinar la rentabilidad financiera	- Determinar la rentabilidad económica	- Determinar la rentabilidad social
Metodología	- Identificación de Ingresos y egresos	- Identificación de impactos económicos	- Identificación de impactos sociales
	- Valoración a precios de mercado	- Valoración de los impactos a precios cuenta, sombra o de eficiencia	- Valoración de los impactos a precios cuenta, sombra o sociales
	- Construcción del flujo de fondos	- Construcción del flujo económico (indicadores Costo-Eficiencia o Costo-Efectividad)	- Construcción del flujo social
	- Análisis de rentabilidad financiera	- Análisis de rentabilidad económica	- Análisis de rentabilidad social
	Tasa de descuento (d)	Tasa social de descuento (TSD)	Tasa social de descuento (TSD)
Tipo de análisis	Microeconómica	Macroeconómica	Macroeconómica
Suposiciones de valor económico	Los individuos tienen utilidad mensurable; buscan maximizar ganancias; los precios de mercado de equilibrio miden las preferencias individuales	Los individuos y la sociedad buscan maximizar la utilidad; los valores económicos sociales agregados miden las preferencias de la sociedad	
Funciones de producción	Ecuaciones de crecimiento y rendimiento, estudios de tiempo, datos de producción a largo plazo, registros	Ecuaciones o datos disponibles, mediciones de procesos ecológicos	

	históricos	
Efectos de cambios y mercados	Cambios en los precios por el cambio de cantidad	Cambios en el valor del excedente del consumidor y del productor
Datos	Precios de mercado, series de informes de precios, datos históricos, precios mayoristas o minoristas	Precios de mercado, análisis de preferencia revelado, encuestas de preferencia declaradas, transferencia de beneficios
Aplicaciones	Análisis financiero; individuos, comunidades, organizaciones; préstamos bancarios; impuestos, subsidios	Análisis económico; punto de vista de la sociedad, la comunidad o el país; entidades individuales; agencias de crédito

Fuente: Apuntes de clase

Elaboración: Propia

Según Bonnet, Witt, Stewart, Hadjerioua, y Mobley, (2015), hay seis categorías de datos que estructuran el marco de beneficios multipropósito. Estas categorías las denominan "usos" y representan la culminación de las operaciones y los servicios posibles gracias a la existencia de un embalse. Estos usos se clasifican ampliamente para identificar las categorías asociadas con un proyecto multipropósito y sirven como base para evaluar las relaciones colectivas e interdependientes:

- Energía hidroeléctrica: operación y uso de instalaciones generadoras y / o equipos para producir energía por la única fuente de agua.
- Control de inundaciones: represas que facilitan la prevención y / o disminuyen la severidad del daño por inundación a recursos valiosos dentro de una cuenca inundable.
- Navegación: operación y control de las cerraduras para facilitar el transporte de mercancías a través de vías navegables interiores.
- Recreación: El uso de cuerpos de agua (embalses o ríos) para actividades físicas y recreativas (paseos en bote, pesca, natación, etc.).
- Abastecimiento de agua: Retiradas públicas y privadas de agua utilizada para el consumo, municipales e industriales.

- Irrigación: extracción y uso de agua de los embalses para satisfacer las necesidades y requisitos de riego de cultivos y plantas para mantener el crecimiento y la producción.

De los usos descritos anteriormente, dada la naturaleza del proyecto multipropósito Soldados – Yanuncay, las metodologías más adecuadas serán:

Generación de energía

Para cuantificar la generación de energía hidroeléctrica, el total anual de kilovatios-hora de producción de energía de una central eléctrica se multiplica por la tasa mayorista promedio a la que se vende.

Control de inundaciones

Los beneficios de control de inundaciones se cuantifican como los daños evitados, o la reducción en los daños potenciales o realizados a las estructuras, el contenido de las estructuras y el uso del suelo en las áreas que se habrían inundado si la estructura no hubiera estado en su lugar. Una fracción del valor de la tierra, los edificios, los bienes y las actividades que se encuentran dentro de la llanura de inundación y que se habría destruido se asignan al evento de inundación en función de su gravedad. Esto finalmente permite que se alcance una cantidad en dólares de posibles daños.

Dado que el beneficio para prevenir estos eventos naturales puede ser sustancial, la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) realiza un análisis de propiedad para estimar los daños evitados en función de las relaciones derivadas de la etapa de inundación-daño para regiones particulares. Este valor se asigna comúnmente a todo un sistema de río o proyecto que incorpore los beneficios de inundación de múltiples embalses con y sin energía hidroeléctrica. Para obtener el beneficio de una sola represa, la fracción del almacenamiento de inundación total del sistema proporcionada por una represa individual se multiplica por los daños evitados. En la mayoría de los casos, se proporcionaron daños acumulados durante los

últimos cincuenta años, y el beneficio se calcula como un beneficio anual promedio.

Suministro de agua

Muchos depósitos multipropósito, alrededor del mundo, asignan un porcentaje de su almacenamiento total al suministro de agua y están equipados con instalaciones para liberar o extraer agua almacenada, y el caso del proyecto Soldados – Yanuncay no es la excepción.

En general, el valor del suministro de agua es valorado como la multiplicación de la cantidad total de agua suministrada por el precio promedio de agua de la localidad (IWR, 2013; DOI, 2014), arrojando un valor en dólares por m^3 de agua. Cuando estos datos no están disponibles anualmente, los precios históricos se indexan a valores actuales o estimaciones de uso. En este caso se considera tanto el costo de procurar un suministro de agua alternativo, y el costo de mantener y construir la infraestructura para entregar el suministro de agua a los usuarios finales (Pizzimenti et al., 2010).

Para producir el beneficio del volumen de agua almacenada para uso municipal e industrial se multiplica por el precio promedio nacional de agua por unidad de volumen.

Para garantizar la finalización exitosa de un proyecto, es de suma importancia para el administrador del proyecto encontrar formas de manejar las incertidumbres que pueden presentar riesgos potenciales para el mismo. La gestión de riesgos es un proceso iterativo donde riesgos pueden estar relacionados con cualquier aspecto del proyecto, ya sea el costo, el cronograma o la calidad de sus resultados. La clave para gestionar los riesgos es identificarlos desde el principio del proyecto y desarrollar un plan de respuesta al riesgo adecuado.

Para desarrollar un plan de respuesta al riesgo, debe cuantificar el impacto de los riesgos en el proyecto. Este proceso se conoce como análisis de

riesgo cuantitativo en el que los riesgos se clasifican como riesgos de prioridad alta o baja según la magnitud de su impacto en el proyecto.

La metodología usada para modelar situaciones de tiempo, costo y financiamiento de un proyecto es extensa; teniendo métodos determinísticos, que dan un único resultado sin tener en consideración la probabilidad asociada al mismo; además de métodos probabilísticos que toman en cuenta la posible combinación de probabilidades de ocurrencia de algunas de las variables incluidas en el modelo. Además se puede tener métodos estáticos y dinámicos, los primeros pueden modelar una única situación, y los otros pueden analizar diversos entornos que dependen de la interacción de las variables que forman el modelo. En la siguiente tabla se resumen los métodos más utilizados en la academia:

Tabla 49 Metodologías de Riesgo Financiero

Metodología	Descripción	Ventajas	Desventajas
Árbol de Decisión	Representación gráfica de un problema de decisión y de sus posibles valores esperados. Se conforma por nodos de decisión, probabilidad y terminales conectados por flechas.	Presenta los cálculos de una forma gráfica. Evalúa alternativas con una secuencia de decisiones.	Se debe convertir distribuciones continuas en discretas. Se limita el número de alternativas de decisión y de resultados analizados.
Simulación de Monte Carlo	Es un proceso que modela el comportamiento probabilístico de una función objetivo. Consiste en asignar distribuciones de probabilidad a variables del sistema y realizar gran cantidad de iteraciones para encontrar la distribución de probabilidad de la función objetivo.	Puede representar situaciones complejas con facilidad. Se puede aplicar a muchas situaciones.	La solución puede consumir mucho tiempo en un computador. La solución es aproximada y no es reproducible debido a números aleatorios. Poca precisión con eventos poco probables.

Diagramas de Influencia	Diagrama de red indicando con arcos la influencia entre variables y secuencia en el tiempo. Las variables pueden cuantificarse y por un proceso iterativo se pueden encontrar diferentes valores esperados. Alternativa a árboles de decisión.	Similar a árboles de decisión. Representa mejor la relación entre las variables.	La teoría y los cálculos son más difíciles para calcular valores esperados.
Análisis de Escenarios	Técnica que utiliza varios escenarios posibles para examinar las alternativas futuras.	Es simple	Pocas veces cuantifica el riesgo y la incertidumbre.
Métodos de Momento	Métodos que utilizan la suma de las medias y varianzas de distribuciones independientes para obtener una media y una varianza de la combinación en estudio.	Complejidad media. Rápido y reproducible.	Despliega solamente estadísticas sobre la forma de la distribución resultante. Cálculos ignoran detalles importantes como la correlación entre variables.
Lógica "Fuzzy"	Técnica que utiliza la lógica para clasificar eventos ambiguos desde un punto no probabilístico.	Complejidad media. Rápido y reproducible.	Solamente se aproxima a un razonamiento probabilístico. Necesita desarrollo complejo para incrementar su exactitud.
Critical Path Method	Análisis determinístico que utiliza la red de actividades del proyecto para determinar cuáles actividades forman parte de la ruta crítica que define la duración del proyecto	Simple	Modelos simples pueden ser inadecuados
Project Evaluation and Review Technique	Utiliza la red de actividades del proyecto para determinar cuáles actividades están en la ruta crítica y para aplicar a cada actividad distribuciones de tiempo de terminación para determinar una distribución para la finalización del proyecto como un todo.	Simple	Solamente se puede encontrar una ruta crítica

Precedence Diagramming Method	Modelo de actividades interconectadas que muestra la relación de precedencias entre las actividades		
Análisis de Sensibilidad	Análisis que se lleva a cabo sobre una función objetivo para determinar cómo afectan las variaciones en cada parámetro el resultado de la función en cuestión	Es simple	No cuantifica la interacción riesgo vs valor
Decisiones Multi-Criterio y Proceso Analítico de Jerarquía	Estos métodos se combinan y se utilizan cuando la función objetivo está compuesta por diferentes criterios, por ejemplo, costo y tiempo, asignándose pesos a cada variable según su importancia (proceso analítico de jerarquía)	Es simple si no es probabilístico	No se cuantifica eficazmente el riesgo ni la incertidumbre

Fuente: Risk and Decision Analysis in Projects

Elaboración: Propia

De los métodos anteriormente presentados los más adecuados para el análisis financiero son:

1. Simulación de Monte Carlo (análisis de riesgo probabilístico)

La simulación de Monte Carlo es una técnica valiosa para analizar los riesgos, específicamente aquellos relacionados con el costo y el cronograma. El hecho de que se basa en datos numéricos reunidos mediante la ejecución de múltiples simulaciones agrega un valor aún mayor a esta técnica. También ayuda a eliminar cualquier tipo de sesgo del proyecto con respecto a la selección de alternativas al planificar los riesgos. Mientras se ejecuta la simulación de Monte Carlo, es aconsejable buscar la participación activa de los principales responsables de la toma de decisiones del proyecto y partes interesadas, específicamente al acordar los valores de rango de las variables de riesgo del proyecto y los patrones de distribución de probabilidad que se utilizarán. Esto contribuirá en gran medida a aumentar la confianza de los interesados en su capacidad general de manejo de riesgos para el proyecto. (Marom, 2010)

Pero, aunque hay numerosos beneficios de la simulación de Monte Carlo, la confiabilidad de las salidas depende de la precisión de los valores de rango y los patrones de correlación, que se hayan especificado durante la simulación. Por lo tanto, debe tener mucho cuidado al identificar las correlaciones y especificar los valores del rango.

Los pasos a seguir en el análisis de Monte Carlo se presentan a continuación:

- Identificar las variables de riesgo del proyecto clave.
- Identificar los límites de rango para estas variables de proyecto.
- Especificar los pesos de probabilidad para este rango de valores.
- Establecer las relaciones para las variables correlacionadas.
- Realizar simulaciones basadas en las variables identificadas y las correlaciones.
- Analizar estadísticamente los resultados de las simulaciones ejecutadas anteriormente.

2. Análisis de escenarios financieros (análisis de riesgo financiero determinístico)

El análisis de escenarios se usa a menudo para analizar posibles escenarios futuros al considerar los mejores, peores y promedios resultados posibles. Esta técnica es adecuada para eventos únicos.

Los flujos de efectivo esperados que usamos para valorar proyectos se pueden estimar de una o dos formas. Pueden representar un promedio ponderado de probabilidad de los flujos de efectivo en todos los escenarios posibles o pueden ser los flujos de efectivo en el escenario más probable. Mientras que el primero es la medida más precisa, rara vez se usa simplemente porque requiere mucha más información para compilar. En ambos casos, hay otros escenarios donde los flujos de efectivo serán diferentes de las expectativas; más alto de lo esperado en algunos y más bajo de lo esperado en otros. En el análisis de escenarios, estimamos los

flujos de efectivo esperados y el valor del proyecto en varios escenarios, con la intención de obtener una mejor idea del efecto del riesgo sobre el valor. (Damodaran, 2007)

3. Análisis de sensibilidad.

De acuerdo a Gupta (2001), en este método el análisis del proyecto se basa en los flujos de efectivo, siendo estos inciertos y basados en suposiciones. Un aspecto relevante es que bajo este método los cambios en los supuestos pueden cambiar la decisión.

El Análisis de sensibilidad examina la sensibilidad de una regla de decisión (VAN, TIR, etc.) a los cambios en los supuestos que subyacen a un proyecto.

Los pasos para efectuar este método son:

- Hacer un análisis de caso base, basado en las expectativas sobre el futuro.
- Identificar supuestos clave en el análisis del caso base: estos pueden ser específicos de la empresa (niveles de ingresos, costos operativos, etc.) o macroeconómicos (tasas impositivas, inflación, etc.).
- Cambiar una hipótesis de clave a la vez, y estimar el criterio de decisión (VAN, TIR, etc.): resumir el impacto de cambiar la suposición clave en el criterio de decisión en forma de una tabla o gráfico.
- Decida si tomará o no el proyecto en función del riesgo de cambios en los supuestos clave.

Adicionalmente, los aspectos a tener en cuenta, como más relevantes serán:

- Aquellas variables que afectan en mayor medida los flujos de efectivo (por ejemplo, los niveles de ingresos), o
- Aquellas con la mayor incertidumbre

Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																											
ACTIVIDADES	2018																										
	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Introducción	x																										
Justificación		x																									
Problema Central		x																									
Objetivos			x																								
Revisión de la literatura																											
Marco teórico			x	x																							
Estado del arte				x	x																						
Diseño Metodológico																											
Tipo de investigación					x																						
Especificación de métodos						x	x																				
Desarrollo del Proyecto																											
Evaluación financiera								x	x	x																	
Evaluación económica										x	x	x															
Evaluación social												x	x	x													
Análisis de riesgo																x	x										
Resultados del proyecto																		x									
Redacción del proyecto																			x	x	x						
Conclusiones																								x			

Esquema Tentativo

1. Resumen
2. Introducción
3. Justificación
 - 3.1. Académico - científica
 - 3.2. Social
4. Planteamiento del problema
5. Objetivos
 - 5.1. General
 - 5.2. Específicos
6. Revisión de la literatura
 - 6.1. Marco teórico
 - 6.2. Estado del arte

- 7. Diseño metodológico
- 8. Desarrollo del proyecto
 - 8.1. Antecedentes
 - 8.1.1. Área de influencia del proyecto
 - 8.1.2. Demanda actual
 - 8.1.3. Demanda proyectada
 - 8.2. Análisis Financiero
 - 8.2.1. Estudio Financiero
 - 8.2.1.1. Inversión inicial
 - 8.2.1.2. Financiamiento
 - 8.2.1.3. Estados financieros proyectados
 - 8.2.1.3.1. Proyección de ventas
 - 8.2.1.3.2. Proyección de costos
 - 8.2.1.3.3. Flujo de caja
 - 8.2.2. Evaluación financiera
 - 8.2.2.1. Valor actual neto (VAN)
 - 8.2.2.2. Tasa interna de retorno (TIR)
 - 8.2.2.3. Análisis costo beneficio
 - 8.2.2.4. Periodo de Recuperación con descuento
 - 8.2.2.5. Periodo de Recuperación sin descuento
 - 8.3. Evaluación económica
 - 8.3.1. Diagnóstico de la situación actual sin proyecto
 - 8.3.2. Identificación de beneficios
 - 8.3.2.1. Reducción del riesgo de inundaciones
 - 8.3.2.2. Incremento en el consumo de energía hidroeléctrica
 - 8.3.2.3. Incremento de la disponibilidad de agua
 - 8.3.2.4. Incremento en el nivel de empleo (construcción)
 - 8.3.3. Cuantificación de los beneficios
 - 8.3.4. Flujo de beneficios neto
 - 8.3.5. Valor actual neto económico (VANe)
 - 8.3.6. Tasa interna de retorno económica (TIRe)
 - 8.3.7. Periodo de Recuperación con descuento
 - 8.3.8. Periodo de Recuperación sin descuento
 - 8.4. Evaluación social
 - 8.4.1. Caracterización de la población
 - 8.4.2. Flujo de beneficios sociales
 - 8.5. Análisis cuantitativo de riesgo financiero
 - 8.5.1. Análisis Determinístico: Análisis de Escenarios Financieros
 - 8.5.1.1. Variables del Análisis determinístico
 - 8.5.1.2. Criterios de Decisión
 - 8.5.1.3. Resultados preliminares del análisis determinístico
 - 8.5.2. Análisis probabilístico: Simulación de Monte Carlo

- 8.5.2.1. Variables de riesgo
- 8.5.2.2. Criterios de decisión
- 8.5.2.3. Proceso de simulación de Monte Carlo
- 8.5.2.4. Resultados preliminares del análisis probabilístico
- 8.6. Análisis de sensibilidad
- 9. Resultados
- 10. Conclusiones, Recomendaciones y Limitaciones
- 11. Bibliografía
- 12. Anexos

Bibliografía

- Benavides Lara, A. (Agosto de 2005). Análisis y Manejo de Riesgos en Proyectos Constructivos: Caso de Estudio Proyecto Hidroeléctico Peñas Blancas. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Bhatia, R., Malik, R., & Bhatia, M. (2016). Direct and indirect economic impacts of the Bhakra multipurpose dam. *Wiley*.
- Bonnet, M., Witt, A., Stewart, K., Hadjerioua, B., & Mobley, M. (2015). The Economic Benefits of Multipurpose Reservoirs in the United States-Federal Hydropower Fleet. United States: OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY. Obtenido de https://hydrowise.ornl.gov/sites/default/files/2017-06/The_Economic_Benefits_of_Multipurpose_Reservoirs_in_the_United.pdf
- Cubbage, F., Davis, R., Frey, G., & Behr, D. C. (2013). Financial and Economic Evaluation Guidelines for Community Forestry Projects in Latin America. *PROFOR*.
- Damodaran, A. (2007). Corporate Finance and Valuation. United States of America: New York University. Obtenido de <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/valrisk/ch6.pdf>
- Fontaine, E. (2008). *Evaluación social de proyectos*. Naucalpan de Juárez: Pearson Education.
- Gupta, A. (2001). Risk Management and Financial Engineering. Cleveland, United States of America: Case Western Reserve University. Obtenido de <https://faculty.weatherhead.case.edu/gupta/Lect6.pdf>
- Hamadé, F. (2015). Cost benefit analysis of the Sambangalou hydropower dam on the Gambia river. Francia: Environmental Economics .

- Ihum, J. T. (2017). Kashimbilla Multipurpose Dam Project in Nigeria: A Cost-Benefit Analysis. Nigeria: Researchgate.org. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319317590_Kashimbilla_Multipurpose_Dam_Project_in_Nigeria_A_Cost-Benefit_Analysis
- Marom, S. (2010). Project Risk Management y la aplicación de Monte Carlo. *Quantmleap*.
- Martínez, G., Rubio, M., Alegre, J., Ordoñez, X., & Oliver, J. (2005). Viabilidad de proyectos de minicentrales hidroeléctricas. Enfoque con Análsis de Riesgos. *Ingeniería Hidráulica en México*, XX(1), 5-18.
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Bogota: McGraw - Hill.